

51^e jaargang

6|83



natuur en techniek

natuurwetenschappelijk en technisch maandblad

Bij de omslag

De ontwikkeling van de elektronenmicroscopie, vooral van de scanning-elektronenmicroscopie sinds 1965, heeft deze fraaie foto mogelijk gemaakt. Daarop is te zien hoe een macrofaag met 'pseudo-poden' groepen bacteriën vastpakt om deze erna naar zich toe te trekken en te verzwelgen. Zie verder het artikel over elektronenmicroscopie op pag. 412 e.v.

(Foto: Lennart Nilsson © Boehringer Ingelheim, Alkmaar).

NATUUR en TECHNIEK verschijnt maandelijks, uitgegeven door de Centrale Uitgeverij en Adviesbureau B.V. te Maastricht. Redactie en Administratie zijn te bereiken op:

Voor Nederland: Postbus 415, 6200 AK Maastricht. Telefoon: 043-54044*.

Voor België: Tervurenlaan 62, 1040-Brussel. Telefoon: 0031-4354044.

Advertentie-exploitatie: D. Weijer. Tel. 05987-23065.

Hoofredacteur: Th. J. M. Martens.

Redactie: lic. P. Van Dooren, Drs. L. A. de Kok, Drs. T. J. Kortbeek, Drs. H. R. Roelfsema, J. A. B. Verduijn.

Redactiesecretaresse: T. Habets-Older Juninck.

Redactiemedewerkers: A. de Kool, Drs. Chr. Titulaer en Dr. J. Willems.

Wetenschappelijke correspondenten: Ir. J.D. van der Baan, Dr. P. Bentvelzen, Drs. W. Bijleveld, Dr. E. Dekker, Drs. C. Floor, Drs. L.A.M. v.d. Heijden, Dr. F.P. Israel, Prof. dr. H. Janssens, Drs. J.A. Jasperse, Dr. D. De Keukeleire, Dr. C.M.E. Otten, Ir. A.K.S. Polderman, Dr. J.F.M. Post, R. J. Querido, Dr. A.F.J. v. Raan, Dr. A.R. Ritsema, Dr. M. Sluysen.

Redactie Adviesraad: Prof. dr. W. J. van Doorenmaalen, Prof. dr. W. Fiers, Prof. dr.

J. H. Oort, Prof. dr. ir. A. Rörsch, Prof. dr. R. T. Van de Walle, Prof. dr. F. Van Noten.

De Redactie Adviesraad heeft de taak de redactie van Natuur en Techniek in algemene zin te adviseren en draagt geen verantwoordelijkheid voor afzonderlijke artikelen.

Grafische vormgeving: H. Beurskens, W. Keulers-v.d. Heuvel, M. Verreijt.

Druk: VALKENBURG offset, Echt (L.). Telefoon 04754-1223*.

Artikelen met nevenstaand vignet resulteren uit het EURO-artikelen project, waarin NATUUR en TECHNIEK samenwerkt met ENDEAVOUR (GB), LA RECHERCHE (F), UMSCHAU (D), SCIENZA E TECNICA (I) en TECHNOLOGY IRELAND (EI), met de steun van de Commissie van de Europese Gemeenschap.

EURO
ARTIKEL

Abonnementsprijs (12 nummers per jaar, incl. porto): Voor Nederland, resp. België: f 95, - of 1825 F. Overige landen: + f 35, - extra porto (zeepost) of + f 45, - tot f 120, - (lucht-post). Losse nummers: f 7,70 of 150 F (excl. verzendkosten).

Abonnementen op NATUUR en TECHNIEK kunnen ingaan per 1 januari óf per 1 juli, doch worden dan afgesloten tot het einde van het lopende abonnementsjaar. Zonder schriftelijke opzegging vóór het einde van elk kalenderjaar, wordt een abonnement automatisch verlengd voor de volgende jaargang. TUSSENTIJDEN kunnen geen abonnementen worden geannuleerd.

Postrekeningen: Voor Nederland: nr. 1062000 t.n.v. Natuur en Techniek te Maastricht.

Voor België: nr. 000-0157074-31 t.n.v. Natuur en Techniek te Brussel.

Bankrelaties: Voor Nederland: AMRO-Bank N.V. te Heerlen, nr. 44.82.00.015.

Voor België: Kredietbank Brussel, nr. 437.6140651-07.

Gehele of gedeeltelijke overname van artikelen en illustraties in deze uitgave (ook voor publikaties in het buitenland) mag uitsluitend geschieden met schriftelijke toestemming van de uitgever en de auteur(s).



ISSN 0028-1093

Een uitgave van



Centrale uitgeverij en adviesbureau b.v.

pag. 392-411

SISO 975.2, 354.4


A.J. van Bennekom, J.J. Zijlstra - Antarctica - Schatten in Niemand'sland?

In de geschiedenis van de menselijke activiteiten in het Zuidpoolgebied zijn drie perioden te onderscheiden: de heroïsche, de wetenschappelijke en de economische periode. De veronderstelde bodemschatten, de voedselreserves en de ijsmassa vormen op dit ogenblik onderwerp van studie. Antarctica wordt door veertien landen beheerd, maar die zouden zich nu wel eens als eigenaars kunnen gaan gedragen. Maar weten we nu eigenlijk wel genoeg van de 'schatten' van Antarctica om in economische termen te gaan denken?

pag. 412-431

SISO 536.1, 572.1


W.L. Jongebloed, R.D. Kalicharan - Ontwikkelingen in de elektronenmicroscopie - Detectie van steeds kleinere details.

De eerste echte vernieuwing op microscopiegebied vond pas begin jaren dertig plaats door de ontwikkeling van de elektronenmicroscopie. Het duurde vervolgens nog tot 1965 voor men zover was dat er een scanningelektronenmicroscopie op de markt kwam. Hiermee konden structuren zichtbaar worden gemaakt als zeer fraaie 'drie-dimensionale' beelden. Verdere ontwikkelingen zijn erop gericht het scheidend vermogen (dus vergroting) nog groter te maken en het prepareren steeds te verfijnen, opdat ook de kleinste details hun geheim zullen prijsgeven.

pag. 432-447

SISO 684


F. de Winter - De grafische industrie - Elektronica tussen pers en post.

Het drukken van tekst is al eeuwen oud en de vooruitgang in kwaliteit van drukwerk is al die tijd te danken geweest aan de voortgang van de techniek. De opkomst van de elektronica heeft vreemd genoeg niet zo'n grote invloed gehad op het eigenlijke drukprocédé, hoogstens kunnen de persen nu een paar keer sneller lopen. Dit in tegenstelling tot bijv. het zetten van tekst of de reproductie van kleurenafbeeldingen, waar de elektronica nieuwe systemen heeft geïntroduceerd, waarmee arbeidstijden tot een fractie van vroeger zijn teruggebracht.

pag. 448-463

SISO 542.5, 677


E.J. Goethals - Macromoleculen in de industrie - De techniek achter de stof.

De belangrijkste toepassingen van synthetische macromoleculen zijn te vinden in de massaproductie van dagelijkse gebruiksvoorwerpen in de vorm van plastics, kunstvezels, synthetische rubbers, enz. Daarnaast worden polymeren ook gebruikt voor een reeks erg gespecialiseerde toepassingen in zeer uiteenlopende gebieden zoals geneeskunde, computertechnologie, verven, lijmen, enz. Meestal gaat het hier om speciale polymeerstructuren waarvan de synthese en het gebruik een hoge wetenschappelijke en technologische kennis vereisen.

pag. 464-466

Actueel.

pag. 467

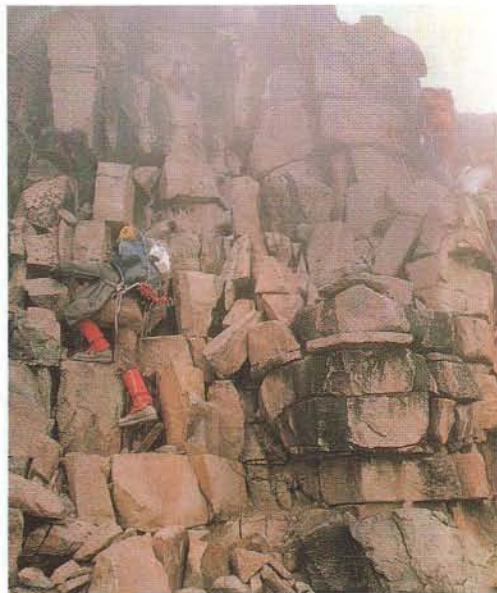
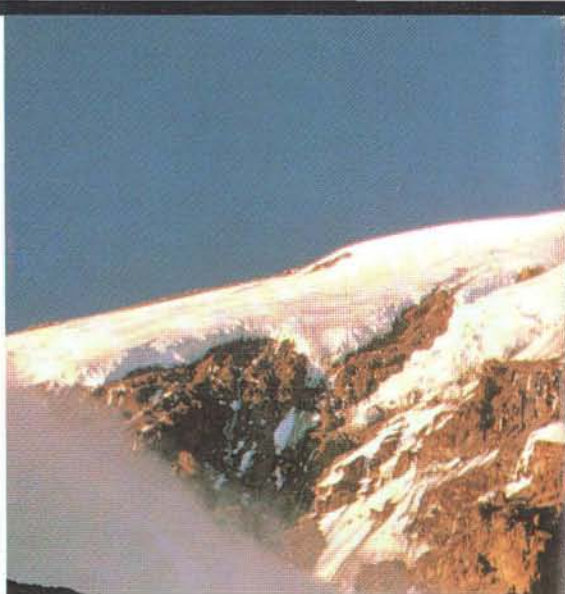
Boeken.

pag. 467

Tekst van toen.

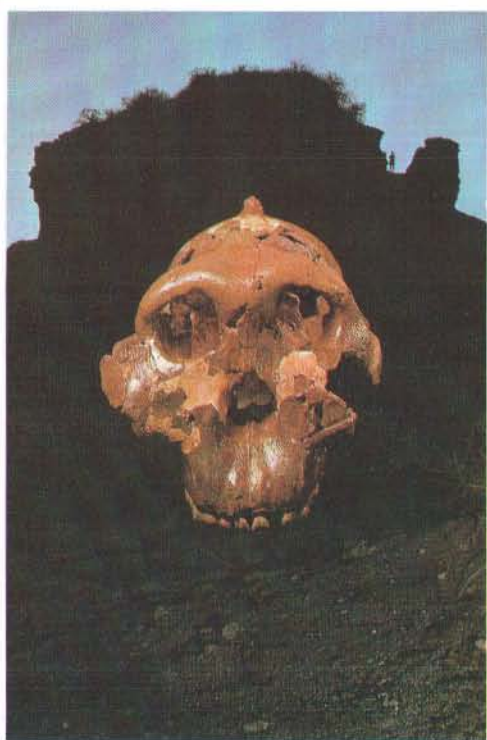
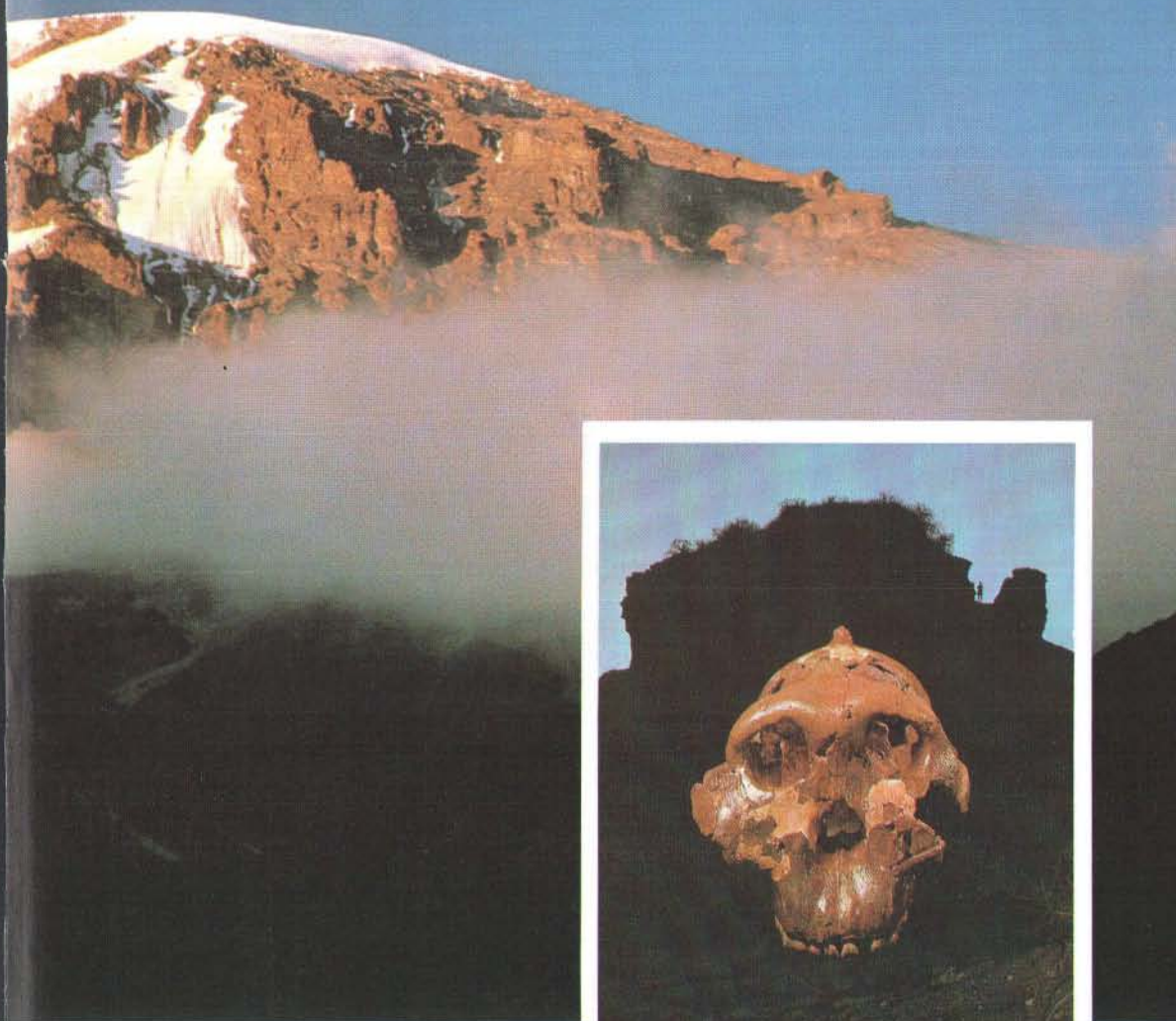
pag. 470

Bezienswaardig.



KERSTREIS NAAR





TANZANIA

**natuur
en
techniek**

Een exclusieve kerstreis naar Tanzania met vele hoogtepunten:

- Beklimming van de Kilimanjaro
- Bezoek aan de Olduvai-kloof
- Safari's in het Manyara Park, op de Serengeti en in de Ngorongoro-caldera.

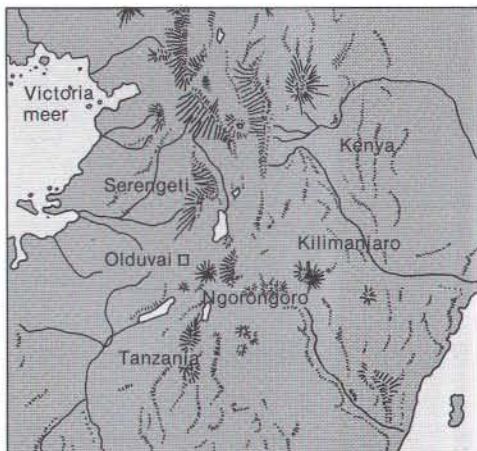
17 dagen all-in f 4750,- of 91 350 F.

Van 23 december tot en met 8 januari.

Naar aanleiding van ons jubileumboek 'De evolutie van de mens' en onze recente uitgave 'Kilimanjaro', vroegen veel lezers ons een op deze doelen gerichte reis te organiseren. We zijn dan ook verheugd deze unieke reismogelijkheden aan te kunnen bieden voor een zeer aantrekkelijke prijs. Deze reis leidt u naar de (letterlijke) hoogtepunten van Hemingway's 'Snows of the Kilimanjaro'.

Het wordt een reis die u terugvoert naar de plaats waar de wieg van de mensheid heeft gestaan. In de Olduvai-kloof zijn veel fossiele resten van zeer vroege mensachtigen gevonden. We brengen u naar één van de tien wereldwonderen, de 'Ngorongoro-caldere', met haar flamingo-meren en 60.000 zoogdieren. Ten slotte zult u oog in oog staan met de onmetelijke Serengeti-plains, waar Grzimek, Hugo van Lawick en vele anderen belangwekkende onderzoeken deden.

Deelnemers aan deze reis ontvangen als reisliteratuur gratis: Prof. dr. Grzimek's 'Serengeti mag niet sterven' en naar keuze één van de uitgaven van Natuur en Techniek: 'Kilimanjaro' óf 'De evolutie van de mens. De speurtocht naar ontbrekende schakels'.



Het reisprogramma (onder voorbehoud)

1e dag

23-12

Vertrek en vlucht.

2e dag

24-12

Aankomst te Arusha, Kilimanjaro Airport. Transfer naar het Kibo hotel in Maranga (Moshi) aan de voet van de Kilimanjaro.

3e dag

25-12

Acclimatiseren door middel van wandelingen in de buurt van het hotel (op 1800 m hoogte). De berg- en wandelspullen worden in gereedheid gebracht. Laatste instructie door de gidsen.

4e dag

26-12

Start van de beklimming vanaf Maranga Gate. We lopen nu door het Kilimanjaro National Park, een dicht tropisch bergwoud, naar de Mandara Hut (2725 m).

5e dag

27-12

We klimmen door de bossen omhoog, passeren de boomgrens en bereiken het heidebosland. Korstmossen, bloemen en grassen scheppen een feestelijke sfeer tot aan de Horombo Hut (3780 m).

6e dag

28-12

De voorlaatste etappe! We laten al snel de Reuzenkruiskruiden en Reuzenlobelia's achter ons om in de alpiene woestijnzone te belanden. Op 4740 meter hoogte bereiken we de Kibo Hut.

7e dag

29-12

Dit wordt de dag... Vandaag wordt de top bereikt. Vroeg in de ochtend vertrek naar de kraterwand. Vanaf de hoogste punten Gillman's Point (5685 m) en Uhuru Peak (5895 m) zullen we de opkomende zon bewonderen. Na een uitvoerige rustpauze waarin we genieten van het uitzicht over Afrika keren we terug naar de Horombo Hut.

8e dag 30-12	Er volgt een snelle afdaling naar het Kibo hotel waar de bagage wordt opgehaald. Van daaruit transfer naar het hotel in Arusha.
9e dag 31-12	We rijden naar het Manyara National Park via Mto wa Mbu. In dit park, waarin het gelijknamige Natronmeer ligt, wordt overnacht.
10e dag 1-1	We besteden deze dag aan een safari in dit park. De olifanten van dit park zijn wereldberoemd geworden door het werk van de bekende etholoog Ian Douglas Hamilton en zijn boek 'Tussen de Olifanten'. Ook zijn hier van heel nabij nijlpaarden te bewonderen. 's Avonds genieten we bij het kampvuur van de schitterende Afrikaanse sterrenhemel.
11e dag 2-1	Op weg naar het grootste park ter wereld, de uitgestrekte vlakte van de Serengeti, wordt onderweg uitgebreid de Olduvai-kloof bezocht. Op deze historische plek zijn door Mary Leakey e.a. fossiele resten van de eerste mens(achtige) gevonden. Hier is het begonnen. Onder deskundige leiding wordt een excursie gemaakt. Overnachting in het Student Hostel van het Serengeti Research Institute.
12e dag 3-1	De Serengeti! Bekend geworden door het fantastische werk van Prof. dr. Grzimek en zijn zoon Michael. Er wordt een uitgebreide Safari in de savannen van dit National Park gehouden. We bezoeken ook de beroemde Seronera Lodge. Een architectonische sensatie op het gebied van verantwoorde inpassing in het karakteristieke landschap.
13e dag 4-1	Op weg naar wat het hoogtepunt van alle safari's is: de Ngorongoro-caldera. We overnachten in de Ngorongoro Forest Lodge.
14e dag 5-1	We brengen een volle dag op de bodem van deze caldera door. Hier zien we alle diersoorten van Afrika geconcentreerd in wat je een natuurlijke tuin zou kunnen noemen. Een dag om nooit te vergeten! Het bevestigt ons streven de nationale parken kost wat kost in stand te houden.
15e dag 6-1	We keren terug naar ons hotel in Arusha. Er kan in alle rust gewinkeld worden.
16e dag 7-1	Transfer naar Kilimanjaro Airport. Vertrek en vlucht.
17e dag 8-1	Aankomst.

Geheel links: Van de Crater Lodge is er een prachtig uitzicht op de Ngorongoro-caldera.

Links: Een overzichtskaart van het reisgebied in Tanzania.

Onder: De Olduvai-kloof is een rijke vindplaats van fossiele resten en stenen werktuigen.

Rechts: Compositie in lucht, steen en ijs: de ijsvelden in de Kilimanjaro-krater.



Kosten: We zijn zeer verheugd deze reis te kunnen aanbieden voor de alleszins redelijke prijs van f 4750, – of 91 350 F (juni '83). De prijs is onder voorbehoud. Wij doen ons uiterste best deze zo laag mogelijk te houden. De prijs is inclusief de vlucht, landenarrangementen, excursies, levensonderhoud, entrees parken, transport, camping, administratie- en portokosten, airport-tax, klimarrangement, dragers, gidsen, het boek 'Serengeti mag niet sterven' van Prof. dr. Grzimek en naar keus het boek 'De evolutie van de mens' of 'Kilimanjaro' van John Reader.

Niet inbegrepen zijn de kosten van de vaccinaties, visum en verzekering. Gezien het niet commerciële karakter van deze reis en van de Stichting Laatste Paradijzen zijn de prijzen altijd onder voorbehoud. Prijsverhogingen kunnen dus niet opgevangen worden. Ze worden vroegtijdig aangekondigd en doorberekend.

Gezondheid: De door ons verplichte vaccinaties voor deze reis zijn: gele koorts, cholera, tyfus, DTP en Gamma Globuline. Voor, tijdens en na de reis een malariaprofilaxe. Vereist is uiteraard een goede conditie. De 'beklimming' vereist weliswaar geen bergbeklimmerservaring maar men dient wel goed ter been te zijn.

Vorbereidingen: Het spreekt vanzelf dat reizen van deze aard een zekere voorbereiding vereisen. Daartoe wordt een uitvoerige informatie-bijeenkomst belegd. Het is beslist noodzakelijk dat men deze bijeenkomst bezoekt. Laat iemand verstek gaan zonder reden, dan gaan wij er van uit dat hij/zij niet voldoende geïnteresseerd is. Voor deze reis is de info-meeting gepland in september/oktober.

Inschrijving: Heeft u interesse in deze reis, vul dan de bijgevoegde antwoordkaart in en u ontvangt van ons informatie en een inschrijvingsformulier. Inschrijving geschiedt in volgorde van binnenkomst van inschrijfgelden. Alle overgemaakte gelden zullen bij annulering tot 30 dagen voor vertrek, teruggestort worden, minus f 50, – administratiekosten. De volledige reissom dient 30 dagen voor vertrek te zijn voldaan. Tussen 30 dagen voor de aanvang van de reis en het vertrek gelden de gebruikelijke annuleringsvoorwaarden.

De redactie van
Natuur en Techniek

Het bestuur van de
Stichting Laatste Paradijzen



Drs. A.J. van Bennekom ('Antarctica') werd op 6 augustus 1937 te Amsterdam geboren. Hij studeerde van 1954 tot 1963 fysische chemie aan de Vrije Universiteit te Amsterdam. Vanaf 1967 is hij werkzaam op het Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee op Texel.

Dr. J.J. Zijlstra ('Antarctica') werd op 11 mei 1926 te Groningen geboren. Van 1945 tot 1953 studeerde hij biologie in Groningen, waar hij in 1973 promoveerde. Hij was van 1953 tot 1971 werkzaam op het Rijksinstituut voor Visserij-Onderzoek en vanaf 1971 is hij biologisch directeur van het Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee op Texel.

Dr. W.L. Jongebloed ('Ontwikkelingen in de elektronenmicroscopie') werd geboren op 3 november 1933 te Beverwijk. Hij studeerde van 1955 tot 1962 chemie (hoofdvak elektronenmicroscopie) in Groningen, waar hij in 1976 promoveerde. Van 1962 tot 1968 was hij wetenschappelijk medewerker van de Technische en Fysische Dienst TNO/TH te Delft. Van 1968 tot 1970 was hij research fellow aan de Columbia University (N.Y.). Vanaf 1970 is hij wetenschappelijk hoofdmedewerker van het Centrum voor Medische Elektronenmicroscopie van de RU Groningen.

R.D. Kalicharan ('De elektronenmicroscopie') werd op 12 februari 1950 te Nickerie (Suriname) geboren. Hij studeerde van 1969 tot 1972 HBO-A richting zoölogie en in 1972 en 1973 HBO-A richting histopathologie in resp. Utrecht en Nijmegen. Van 1971 tot 1974 was hij research analist op het RIV te Bilt-hoven en vanaf 1974 is hij laboratoriumassistent bij het Centrum voor Medische Elektronenmicroscopie van de RU Groningen.

Frits de Winter ('De grafische industrie') werd op 19 januari 1937 in 's-Gravenhage geboren. Van 1955 tot 1970 was hij hoofdredacteur van Graficus en hoofd van de vakbladuitgeverij van drukkerij Levison in 's-Gravenhage. Tot 1977 was hij zelfstandig publicist voor diverse bladen en sinds 1975 docent grafische vaktheorie aan de Gerrit Rietveld Academie te Amsterdam. Sinds 1977 is hij ook hoofdredacteur van het blad Compres en het Handboek voor Grafische Communicatie.

Prof. dr. E.J. Goethals ('Macromoleculen in de industrie') werd op 6 december 1936 te Gent geboren. Hij studeerde van 1954 tot 1960 scheikunde aan de Rijksuniversiteit Gent, waar hij in 1963 promoveerde. Sinds 1980 is hij er hoogleraar in de organische en macromoleculaire chemie.

Terug naar de middeleeuwen?

Het wordt steeds meer buitenkant, maar de universiteiten hebben toch iets middeleeuws over zich. De officiële vestiging - zeg maar het formele hoofdkantoor - van de wat bedaagder universiteiten is gewoonlijk een middeleeuws of middeleeuws aandoend gebouw, in het centrum van een dito stad. Natuurlijk, de eigenlijke activiteiten, onderwijs en onderzoek, zijn voor het overgrote deel ondergebracht in torens van beton en staal ergens aan de rand van de stad of nog verder van het gewone leven verwijderd, maar de schijn van middeleeuwsheid wordt zo goed mogelijk opgehouden.

Ook in de koddige pakjes waarmee hoogleraren zich bij officiële gelegenheden opsieren en vooral natuurlijk in de figuur van de man met de belletjes die aan het cortège vooraf gaat en die de onbegrijpende familie en vrienden van de jonge doctor komt vertellen dat het nu hora est voor sherry, jus d'orange en blokjes belegen kaas.

Maar, zoals gezegd, dat is buitenkant. De werkelijkheid van de universiteit van nu lijkt niet op die van de middeleeuwen. Er waren toen in het algemeen hooguit drie faculteiten aan een universiteit: theologie (veruit de belangrijkste), filosofie (qua inhoud een voorloper van de tegenwoordige wis- en natuurkunde, veel meer dan van de tegenwoordige centrale interfaculteit) en geneeskunde.

De gewoonten verschilden ook toen al per land. Aan de Sorbonne en in Genua, waar theologie met toebehoren de zwaartepunten waren, kon men zich als hoogleraar aanmelden (of men kon ook worden gevraagd). Wanneer het plaatselijke kerkbestuur geen bezwaar had tegen de te verkondigen leer werd zulks aan Rome gemeld, waar een gewoonlijk met het plaatselijke advies overeenstemmend oordeel werd gegeven. Men was dan hoogleraar, maar dat betekende verder nog niet zo veel, een inkomen had men nog niet.

Een hoogleraar moest studenten zien te vinden die bereid waren zijn wijsheid af te nemen. Dat was dan in beginsel een kwestie van onderhandelen over wat de stof precies zou omvatten. Was daar overeenstemming over, dan had

de hoogleraar het recht een ruimte te huren in de universiteit (maar sommigen deden dat ook niet) om colleges te geven. De studenten betaalden die colleges en van de opbrengst moest de hooggeleerde zien rond te komen.

Soms was dat een hachelijk bestaan. Studenten kwamen soms uit hogere kringen, maar vaak ook waren ze nauwelijks te onderscheiden van vaganten en andere landlopers. Misschien was het een vooroordeel, maar ze hadden (en dat is nog niet zo lang geleden pas een beetje veranderd) meer bekendheid om hun drinkgewoonten en hun feesten dan vanwege hun leergierigheid. Een heel praktisch probleem was ook, dat geld (munten) eerst in de loop van de middeleeuwen een belangrijke rol ging spelen, waarbij de aanmaak achter bleef bij de behoeften. Mensen met grandioze inkomens uit landgoederen of bedrijven konden vaak eenvoudig niet aan de munten komen om mee te betalen.

Een voordeel van het systeem voor de studenten lijkt in ieder geval, dat ze de grootste mogelijke zeggenschap hadden over hun studieprogramma's: niet de toevallige hobby's van hoogleraren, zelfs niet de didactische vermogens van de hoogleraren waren van invloed op wat men kon opsteken. Dat maakten de studenten zelf wel uit.

In het maartnummer van *Beleid en Maatschappij* stellen K.D.J.M. van der Drift en P. Vos (overigens tamelijk onwetend over de middeleeuwse gewoonten) voor het middeleeuwse stelsel weer in ere te herstellen. Kort gezegd komt hun voorstel erop neer, dat de minister het bedrag van de begroting voor wetenschappelijk onderwijs in de vorm van tegoedbonnen uitkeert aan studenten. Tegen inlevering van een tegoedbon bij een vakgroep kan een student dan in die vakgroep een bepaalde hoeveelheid onderwijs krijgen. De vakgroep stuurt via faculteit en universiteit de bonnen naar het departement, dat vervolgens het tegoed uitbetaalt. Hiervan kan de vakgroep de salarissen en andere kosten dekken.

Op het eerste gezicht lijken de mogelijkheden groot. Het taakverdelingsplan bijv. kan de prullenmand in. De minister verdeelt, rekening houdend met verschillen in kosten per oplei-

ding e.d., gewoon wat hij toch al had willen uitgeven (dus met verwerking van al zijn bezuinigingen) over de ingeschreven studenten en die zullen wel uitmaken wie er mag blijven en wie niet. Niks behoud van culturele waarden, niks tradities. Als er geen studenten zijn die denken later een boterham te kunnen verdienen met kennis van het Etruskisch, maar veel die menen dat er in de informatica een toekomst met biefstuk zit, dan verdwijnt de hoogleraar Etruskisch bij eigen gebrek aan brood vanzelf in de bijstand, terwijl de vakgroep informatica misschien wel verdrievoudigt. Studenten zullen er kien op zijn precies de stof te krijgen waar latere werkgevers om vragen en zo wordt en passant het aanpassingsprobleem ook nog meegenomen.

Aan onderzoek hebben Van der Drift en Vos (toch zelf in de eerste plaats onderzoeker!) niet gedacht, maar dat zou op te lossen zijn door het onderwijsgebonden onderzoek in de waarde van de tegoedbonnen op te nemen en de rest helemaal onder voorwaardelijke financiering te brengen.

Jammer dat het model niet werkt. Om te beginnen is het in de twintigste eeuw toch niet helemaal aanvaardbaar dat de geleerde wiens onderwerp even uit de gratie is maar naar de bijstand moet. Het belangrijkste bezwaar is evenwel, dat de 'markt' schoksgewijze veranderingen vertoont. In 1968 liepen plotseling de sociale faculteiten over. In 1973 was het milieukunde geworden, nu loopt bedrijfskunde hard. Hoe vangt het 'markt'stelsel zulke veranderingen op?

Er is één overgroot verschil met de middeleeuwse universiteit: de plannen omvatten niet de mogelijkheid tot alcoholgebruik.

A. de Kool

Antarctica

Misschien is wel een van de meest fascinerende aspecten van Antarctica dat de mensheid er zo weinig mee kan, in de gebruikelijke termen van nut. Hoewel de omstandigheden er met temperaturen ver beneden het vriespunt, geregelde orkanen en als het niet stormt in het zeegebied vaak dichte mist, nauwelijks voor mensen te harden zijn, moeten we constateren dat wat er praktisch gesproken te halen was al in de afgelopen eeuwen is gehaald: walvissen. En dat is zo grondig gedaan dat we er weinig meer aan hebben overgehouden dan een van de grote meesterwerken van de wereldliteratuur, Moby Dick.

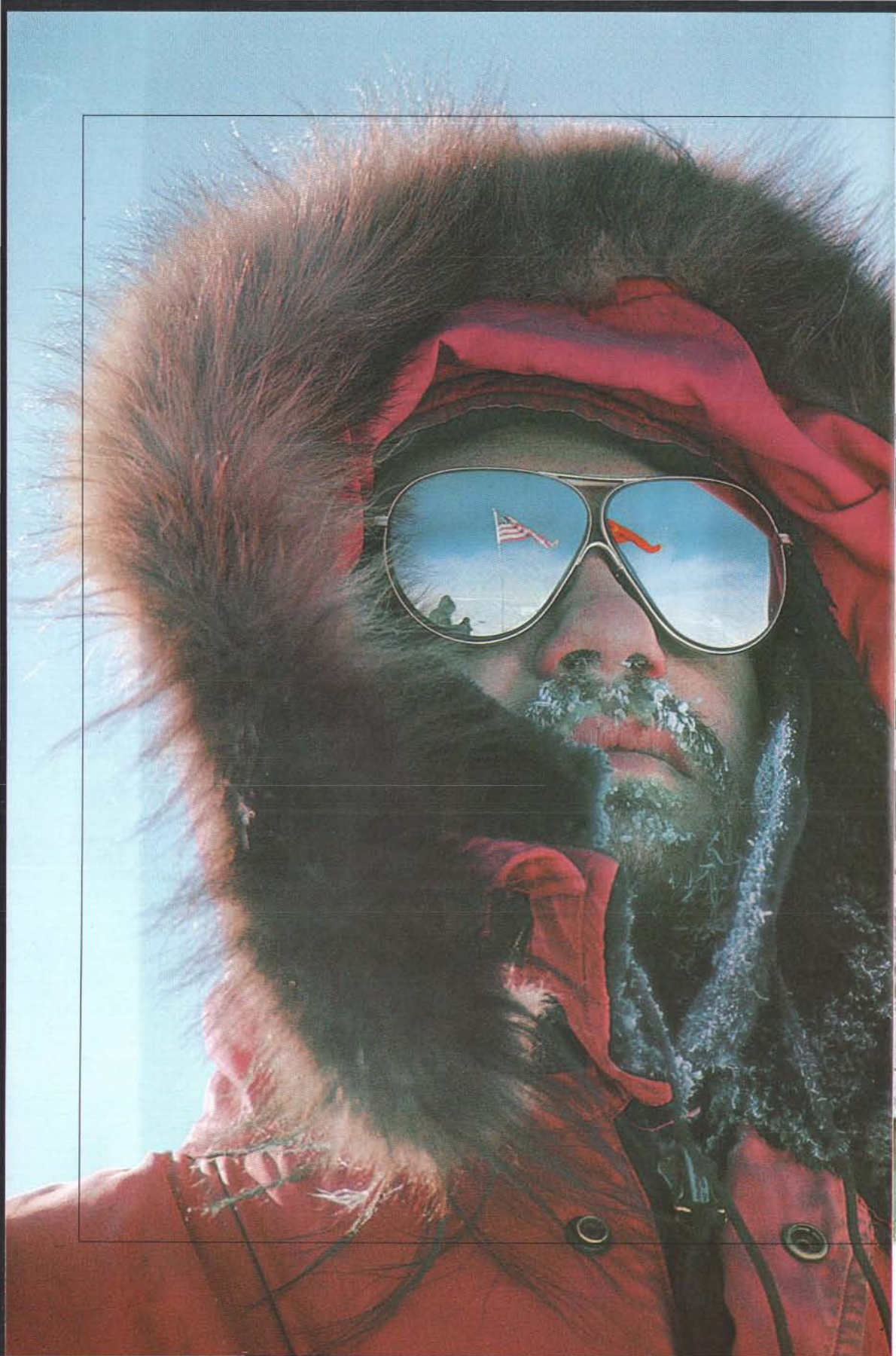
Al bij vroegere gelegenheden is in dit blad twijfel geuit over de economische aantrekkelijkheid van 'de bodem van de wereld'. A.J. van Bennekom en J.J. Zijlstra bevestigen met hun artikel op pag. 392, dat het zuidpoolcontinent een zeer boeiend onderzoeksterrein blijft, maar dat men dat onderzoek beter kan rechtvaardigen als een cultureel goed, als vergroting van de kennis, dan met het perspectief van economisch nut.

Jammer natuurlijk voor al die geestdriftige poolvorsers in spe. Zeker vandaag de dag zitten er drie sloten op het vakje van de schatkist voor culturele zaken, terwijl, zoals vorige maand nog in de column is betoogd, er voor economisch aantrekkelijk onderzoek zelfs geld teveel schijnt te zijn.

Toch is, zeker voor België en Nederland, de Zuidpool van meer belang dan de afstand ertoe zou doen vermoeden. Al spreken beide landen een woordje mee op het gebied van de luchtverontreiniging, ze zijn duidelijk te klein om werkelijk invloed te kunnen hebben op de wereldstoot aan kooldioxyde en stof. Van Bennekom en Zijlstra wijzen erop, dat kleine temperatuurstijgingen als gevolg van het broeikaseffect vooralsnog onvoorspelbare, maar mogelijk ingrijpende gevolgen zouden kunnen hebben voor de hoeveelheid ijs op Antarctica en daarmee voor de zeespiegel. De gevolgen voor onze landen van een stijging van het zeeniveau met enkele meters zijn gigantisch. Alle dijken en het merendeel van de duinen zouden meteen moeten worden verhoogd. Het zoute water zou tot ver in het binnenland de rivieren opkomen...

Misschien nog onoverzichtelijker dan de gevolgen van een toename van het kooldioxyde-gehalte in de lucht is de mogelijke invloed van stof. Enerzijds schermt een hoge stofconcentratie in de lucht de ingestraalde zonne-energie af, waardoor een lagere temperatuur ontstaat (en het broeikaseffect van kooldioxyde mogelijk voor een deel zelfs geheel wordt gecompenseerd), maar anderzijds zou een grijs bestoven Antarctica een heel andere absorptie van zonne-energie vertonen dan een hagelwit en daarom bij gelijke hoeveelheid invallende straling een hogere temperatuur aannemen.

Het gaat natuurlijk allemaal betrekkelijk langzaam. Niemand hoeft zich zorgen te maken dat volgend jaar de zee ineens hoger zal zijn, of hoop te hebben dat een alomvattend dijkverhogingsplan de werkgelegenheid zal herstellen. Maar misschien zijn er bij Rijkswaterstaat en Openbare Werken nog wel potjes om een paar jaar lang jonge onderzoekers van te betalen. Het gedrag van de ijskap moet voor die diensten hoogst interessant zijn.





Antarctica

Schatten in Niemandland?

In de geschiedenis van de menselijke activiteiten in het Zuidpoolgebied zijn drie perioden te onderscheiden: de 'heroïsche periode' die eindigde in 1916 en waaraan vooral de namen van Scott, Amundsen en Shackleton zijn verbonden. Dan de 'wetenschappelijke periode' met als belangrijkste mijlpaal de samenwerking tijdens het Internationale Geofysische Jaar van 1957. Wetenschap is er nog steeds het belangrijkste, maar we gaan langzaam de 'economische periode' in, met als centrale onderwerpen de veronderstelde bodemschatten, de voedselreserves en de ijsmassa. Antarctica wordt door veertien landen beheerd, maar die zouden zich nu wel eens als eigenaars kunnen gaan gedragen. In ieder geval zijn de andere landen bang voor het Mattheus-effect "Hij die heeft zal gegeven worden". Maar weten we nu eigenlijk wel genoeg van de 'schatten' van Antarctica om in economische termen te kunnen gaan denken?

A. J. van Bennekom en J. J. Zijlstra
*Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee,
Texel*

Antarctica opengelegd

Op 14 december 1911 bereikte de Noor Roald Amundsen de zuidpool, een van de laatste nog te veroveren vlekjes op de wereldkaart. Een maand later arriveerde de ontgoochelde Engelsman Robert Falcon Scott, de verliezer van deze heroïsche race. Hij stierf op de terugweg van honger en kou. In 1914 wilde Shackleton dwars door Antarctica. Ijs verpletterde het expeditie-schip 'Endurance' in de Weddelzee. Na een half jaar leven op ijschotsen bereikte men een onbewoond eiland. Shackleton maakte met 5 man een wanhopige roeitocht van twee weken naar een walvisstation op Zuid-Georgia en kon zijn bemanning redden.

De volgende expedities gingen steeds minder om 'wapenfeiten', maar steeds meer om onderzoek. Dat onderzoek kreeg een sterke stimulans tijdens het Internationale Geofysische Jaar in 1957. De toen ontstane samenwerking beviel zo goed dat deze leidde tot de sluiting van het zuidpoolverdrag in 1959. Kort gezegd plaatste het verdrag het hele gebied ten zuiden van 60° zuiderbreedte (dus inclusief een stuk zee) onder beheer van 12 landen (inmiddels 14), stelde behoud centraal en reserveerde het continent als het ware voor wetenschappelijk onderzoek, toegankelijk voor iedereen.

Nog steeds is wetenschappelijk onderzoek verreweg de belangrijkste activiteit in het zuidpoolgebied (zie fig. 1), maar er is een geleide-



TABEL Geografie van Antarctica	
Oppervlakte land	14,5 miljoen km ²
Oppervlakte zee	38 miljoen km ² (tussen Antarctische convergentie en continent)
Ijsbedekking land	98 procent
Ijsbedekking zee	4-20 miljoen km ² (seizoenafhankelijk)
Gemiddelde ijsdikte	2160 m
Maximale ijsdikte	4775 m
Laagste gemeten temperatuur	- 83,3°C
Laagste gemiddelde jaartemperatuur	- 58°C (op 'koudepool')
Positie 'koudepool'	78°ZB, 96°OL (bij basis Vostok)
Hoogste berg	Vinson Massief, 5140 m
Permanente bases	35
Overwinterende mensen	~ 2000
Jaarlijkse onderzoeksfondsen	~ 150 miljoen dollar



Links: 14 december 1911. De Noorse vlag wordt door Amundsen op de geografische zuidpool geplant. De volgende man die ze zou zien was Robert Scott, op 17 januari, voor wie dit zicht de ultieme ontgoocheling betekende in een door het ongeluk achtervolgde expeditie.

Onder: Het interieur van de 'Discovery Hut'. Dit was de verste permanente basis van Scott's expeditie. De voorraden zijn in 70 jaar niet aangeraakt, maar nog steeds bruikbaar. Op 29 maart 1912 stierf Scott, met zijn laatste twee gezellen, van honger en uitputting op slechts 11 mijl van het depot. Acht maand later vond men hun lijken. Ze hadden nog steeds een zak met 15 kg stenen bij zich, bedoeld voor de geoloog in het basiskamp.



lijke overgang merkbaar naar een *economische periode*. Een combinatie van politiek prestige, historische betrokkenheid, wetenschappelijke interesse en grondstoffenvoorraden bepalen de in geld uitgedrukte inspanning van de verschillende landen. Gezien de lange termijn zijn het overheidsgelden.

In dit artikel ligt de nadruk op kwesties met een economisch kantje. De grondige wetenschappelijke kennis, nodig om die economische kwesties te onderbouwen ontbreekt echter grotendeels. Zoals in het vervolg zal blijken moeten we ons dus eerder begeven op het gebied van de wetenschappelijke speculaties. Dit geldt zowel voor de geologische opbouw van het land onder het ijs (ertsvoorkomens), voor de stabiliteit van de ijskap (die de stand van de zeespiegel bepaalt) en voor het ecosysteem.

Ertsen

Beginnen we met het minst zekere, de ertsvoorkomens (zie fig. 2). Zo'n vier grotere voorkomens zijn bekend: steenkool tussen de Rosszee en de Trans-Antarctische bergketen; koper op het Antarctische schiereiland; ijzer middenin Groot-Antarctica en chroom met waardevolle bijmengsels als kobalt en platina aan de zuidelijke kust van de Weddellzee. Het is absoluut niet in te zien hoe de steenkool, het ijzer en het koper ooit economisch interessant zouden kunnen worden. Voor het kobalt ligt dat niet zo uitgesproken; de waarde daarvan wordt ook niet puur economisch bepaald omdat de belangrijkste toepassing pantserstaal (dus militair) is en omdat het aantal voorkomens beperkt is. Alleen Zaïre en Zambia ko-

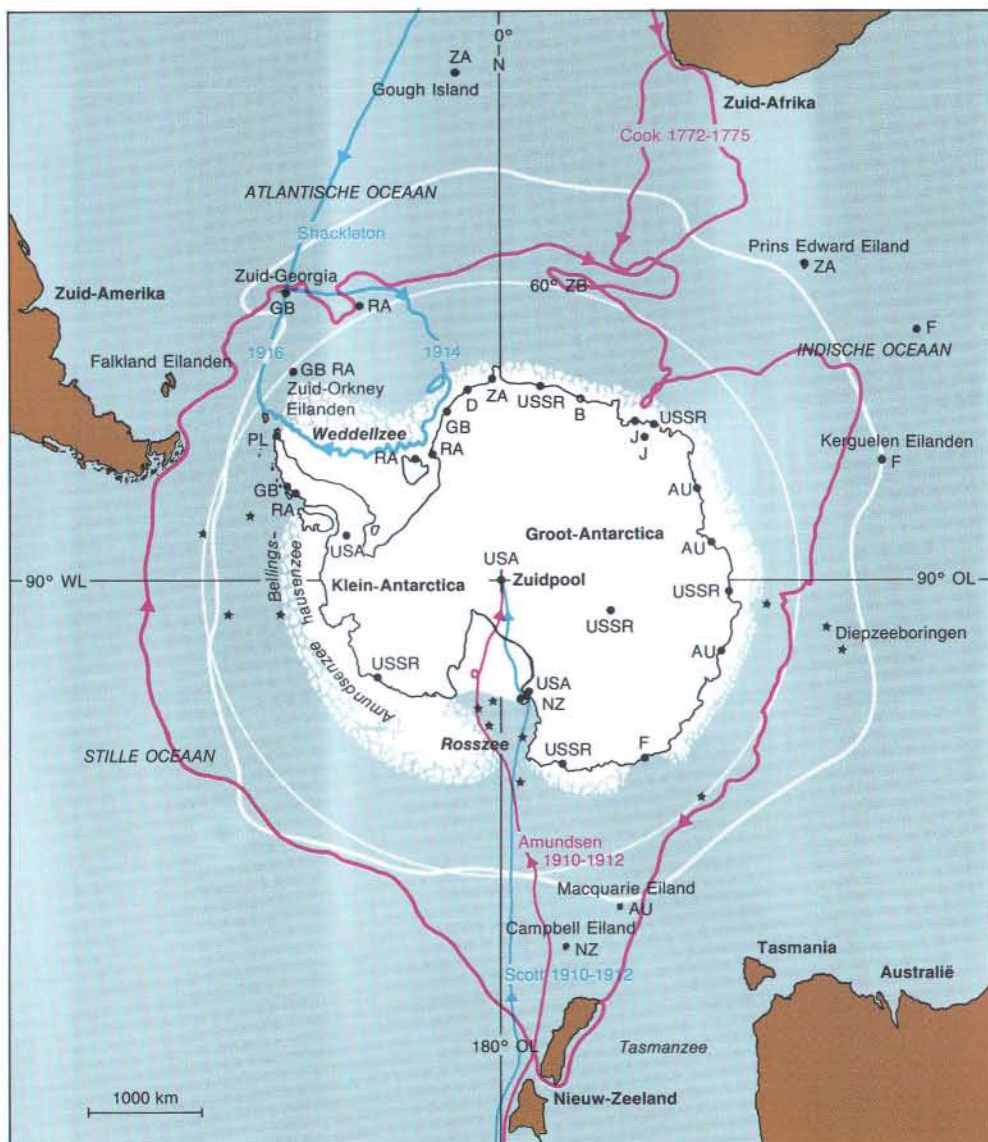
Onder: Fig. 1. De aardbol van onderen gezien aan het eind van de zuidelijke zomer als het drijfijjs zijn minimale uitbreiding heeft. Tussen 60 en 50°ZB loopt de Antarctische convergentie, de grens van de poolzee, waar de watertemperatuur plots van 6 naar 2°C zakt (witte lijn). Evenwijdig eraan stroomt het water rechtsom (de Westenwinddrift). Vlak langs de kust stroomt het water linksom. Bij het Antarctisch schiereiland ontmoeten ze elkaar en buigt het koude water in een grote wervel naar het noorden af, wat een 'uitbocht' in het drijfijjs en ook in de convergentie veroorzaakt.

Aangegeven zijn de routes van de belangrijkste ontdekkingsreizigers, de posities van de gedane diepzeeboringen, de permanent bemande stations met hun nationaliteit

(RA: Republiek Argentinië, CL: Chili, J: Japan, PL: Polen, NZ: Nieuw Zeeland, ZA: Zuid-Afrika) en de niet meer bestaande Koning Boudewijn-basis.

Rechtsomder: Bij het petrografisch-mineralogisch onderzoek ter plaatse worden foto's genomen van slijpplaatjes van gesteentemonsters.

Geheel rechtsomder: Fig. 2. Als men de beste passing van de huidige 1000 m dieptelijnen rond de huidige continenten neemt als basis voor Gondwanaland, verkrijgt men deze figuur. Belangrijke ertslagen zijn aangegeven (KW = koolwaterstoffen). Hoewel uranium nogal wat aandacht kreeg, is het geen belangrijk voorkomen.



men politiek gesproken voor het westen in aanmerking. Analooq ligt dit met de ook zeer dure winning van mangaanknollen op de oceaanbodem; een politiek gezien zekere aanvoer van kobalt maakt die toch interessant.

Het zuidpoolgebied is zo groot dat de voorspelling dat er nog veel meer erts zal zijn, veilig gedaan kan worden. Verkennend onderzoek onder kilometers ijs is moeilijk en het zijn de analogieën met aangrenzende continenten die

nog het meeste houvast bieden. Oorspronkelijk maakten Antarctica, Afrika, Zuid-Amerika, Australië en India immers deel uit van een supercontinent (Gondwanaland).

De verplaatsingen van de continentschollen, drijvend op het magma, gaan zeer langzaam. Voor het best bestudeerde geval, het uiteendrijven van Afrika en Zuid-Amerika geldt het ezelsbruggetje 'een mensenlengte in een mensenleeftijd'. 140 tot 180 miljoen jaar geleden was Gondwanaland nog één geheel. De eerste breuken ontstonden tussen Groot-Antarctica met Australië enerzijds en Afrika, India en Zuid-Amerika anderzijds.

De scheiding tussen Australië en Groot-Antarctica is recenter. Klein-Antarctica bleef eerst aan Zuid-Amerika vastzitten, maar verplaatste zich later in de richting van Groot-Antarctica. Het is daarmee schijnbaar verbonden door de ijskap; als het ijs weg zou zijn, was Groot-Antarctica nog steeds een aaneengesloten continent, maar Klein-Antarctica zou dan een archipel zijn, gescheiden van Groot-Antarctica door een minstens 1000 m diepe zeestraat. Zo'n 10 miljoen jaar geleden had Antarctica de vorm die het nu heeft. De eventuele voortzetting van die ertsvoerende structuren onder het ijs van Antarctica is, bij gebrek aan beter, een leidraad voor voortgezet onderzoek. Het is ook de vraag of alle gegevens inderdaad zo openbaar zijn als de tekst van het poolverdrag voorschrijft.



Koolwaterstoffen

Olie en aardgas hebben weinig te maken met gebergtevorming en platentektoniek; ze zijn meestal gevormd in ondiepe zeeën uit de resten van zeewaterorganismen. In de Rosszee zijn deze koolwaterstoffen aangetoond tijdens boringen die voor wetenschappelijke doeleinden waren uitgevoerd. Er wordt op Vuurland olie gewonnen, terwijl aan de andere pool, de noordkust van Alaska ook een plotse opgang van de oliewinning kent. Olievoorkomens zijn beslist niet gebonden aan een bepaalde klimaatzone. Van het aantonen van aardolie naar de exploitatie is echter een lange weg.

Op een in mei 1982 gehouden bijeenkomst over de eventuele interesse van Nederlandse ondernemingen in zuidpoolonderzoek stelde de vertegenwoordiger van Shell dat de huidige kennis wees op kleinere olievoorkomens, die gezien de gigantische technische problemen in overzienbare tijd niet economisch winbaar zouden zijn. Het olievuur wordt vooral brandend gehouden door Gulf Oil. Geruchten spreken van 50 miljard vaten, of zo'n 7 procent van de bewezen wereldreserves.

Er zijn inderdaad een paar problemen bij de oliewinning die te maken hebben met een andere bijzondere eigenschap van het zuidpoolcontinent. Door het gewicht van het ijs is heel de landmassa van Antarctica gemiddeld ruim 700 m in de taaivloeibare aardmantel gedrukt.

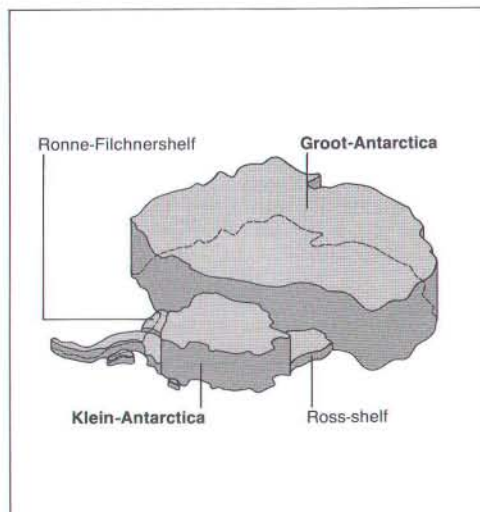


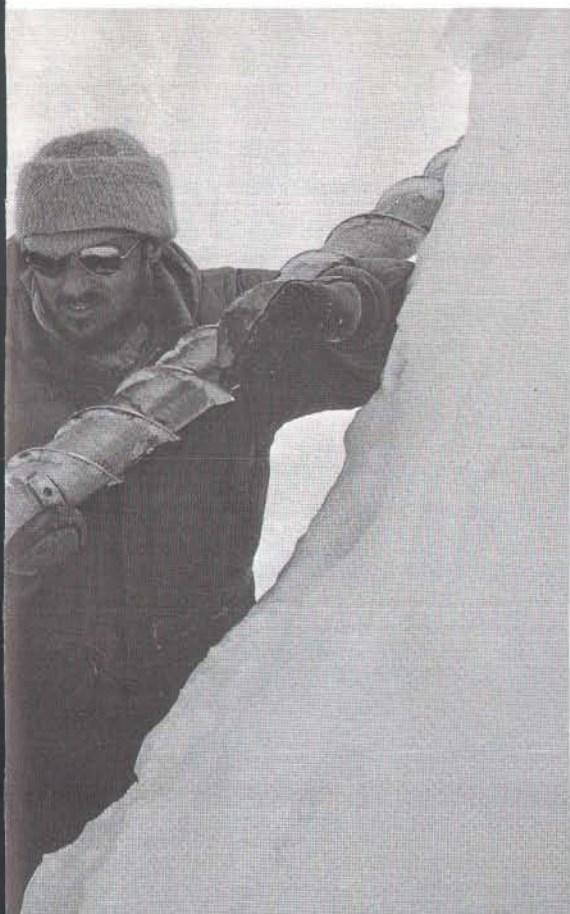
Rechtsboven: Het nemen van ijskernen. Dergelijke kernen kunnen ook kilometerslang genomen worden en geven dan gegevens over klimaat en dampkring over tienduizenden jaren.

Rechts: Fig. 3. De verdeling van de ijsdikte over Antarctica. De vijf grote componenten reageren verschillend op het klimaat door het verschil in ijsdikte. Van de 30,11 Mkm³ ijs zit 86,5 vol% in Groot-Antarctica, 10,8 in Klein-Antarctica, 0,7 in het Antarctisch schiereiland, 1,2 in de Ronne-Filchnershelf (Weddelzee), 0,8 in de Ross-shelf.

Midden rechts: Fig. 4. Als al het ijs plots weg zou zijn, wordt dit de kaart van Antarctica: er verschijnen grote valleien tot diep onder de zeespiegel en een archipel. De kaart is gebaseerd op Russische gegevens en is niet gecorrigeerd voor de zeespiegelrijzing door het smelten van het ijs (toch nauwelijks te zien op deze schaal) en evenmin voor het rijzen van het continent doordat het niet meer door het ijs in het magma gedrukt wordt.

Geheel rechts: Fig. 5. De sneeuwval op Antarctica, in decimeters samengeperste sneeuw per jaar.

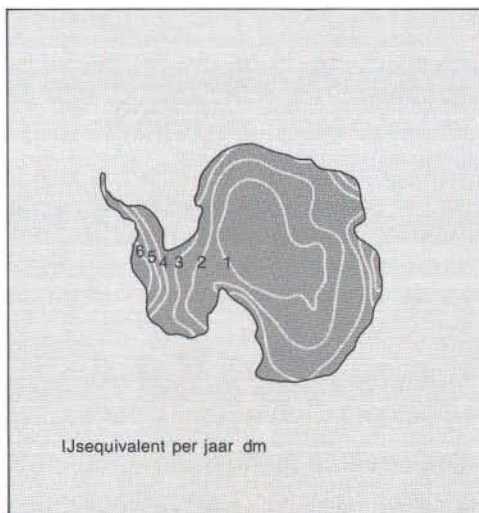
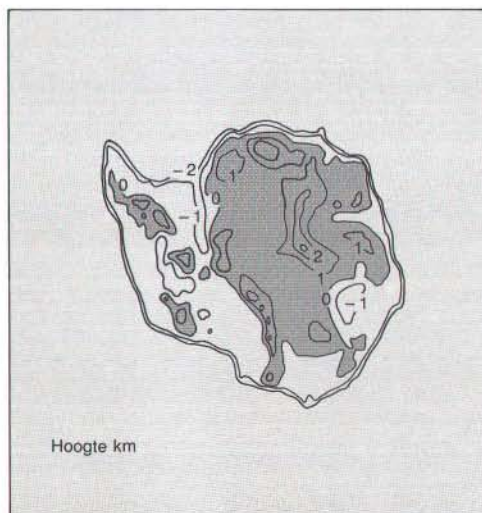




Het bij die landmassa horende continentale plat (waarin de olie wordt verwacht) dat normaal tot 200 m onder de zeespiegel ligt, bevindt zich hier op 500-900 m diepte. Op een dergelijke diepte is nog nooit commerciële oliewinning toegepast en het lijkt niet waarschijnlijk dat dat op korte termijn wel in de zuidpoolzeeën zal gebeuren waar ook nog rekening moet worden gehouden met frequent langskomende ijsbergen met een gewicht van miljoenen tonnen. Gevreesd wordt dat ongelukken, die bij exploitatie of exploratie kunnen optreden, het ecosysteem in dit gebied meer en ernstiger zullen bedreigen dan elders.

Ijs en water

Een schatting van de totale hoeveelheid ijs die op Antarctica ligt is mogelijk geworden door jarenlange echopeilingen vanuit vliegtuigen (zie fig. 3 en 4). Het frequentiegebied tussen 30 en 440 Mhz is daarvoor geschikt en het resultaat was de gigantische hoeveelheid van 30,11 miljoen kubieke kilometer. Dit is 25 procent meer dan tot dusver op grond van globale schattingen werd aangenomen. De gemiddelde dikte van het ijs is dan 2160 m en het maximum 4775 m (op slechts 400 km van de kust in Adélieland). Het totaal is zo'n 90 procent van de hoeveelheid ijs op de wereld (de rest ligt voornamelijk op Groenland) en zo'n 80 procent van de wereldvoorraad aan zoet water.





Links: In noordelijke richting ligt... Deze ludieke wegwijzer staat op de Scott-Amundsen basis op de zuidpool. De blinkende bol staat precies op de geografische (er is ook nog een magnetische) zuidpool. Elke richting is daar dus inderdaad noordelijk.

Rechts: Een tafelijsberg op 50°ZB, afgekalfd van de ijsrand tegenover Zuid-Afrika. Sommigen denken eraan om dit soort ijsbergen te verslepen naar plaatsen waar er een tekort aan zoet water is. Op die manier zou bijv. Australië bevoled kunnen worden.



Het ijs is niet gelijk verdeeld over het hele continent, fig. 3 geeft de verdeling op grond van de genoemde echopeilingen. Bij voorspellingen over het afsmelten van de ijskap onder invloed van het opwarmen van de atmosfeer, veroorzaakt door toenemende gehalten aan CO_2 (het broeikas-effect) is het vooral de stabiliteit van de ijskappen die telt. Het ijs heeft een soortelijk gewicht van 0,9. Afsmelting van al het ijs in Antarctica zou een zeespiegelrijzing van ongeveer 65 m geven. Er is een lokaal verschillend, dynamisch evenwicht tussen sneeuwval, ijsverplaatsingen naar de kust en produktie van ijsbergen.

De hoogvlakte van Groot-Antarctica is zeer koud. De laagst gemeten temperatuur was $-88,3^\circ\text{C}$ en de gemiddelde temperatuur op de 'koudepool' is nog steeds -58°C . Het is daardoor ook zeer droog, zodat er minder dan 10 en soms minder dan 5 cm samengeperste sneeuw per jaar bijkomt (zie fig. 5). Bij opwarming van de atmosfeer zal het allereerst meer gaan sneeuwen, waardoor de hoeveelheid ijs toeneemt (en dus de zeespiegel daalt). Op zeer lange termijn stelt zich een nieuw evenwicht in met een toegenomen produktie van ijsbergen. Modelberekeningen laten zien dat bij een verdubbeling van het CO_2 -gehalte de temperatuur 3K en de neerslaghoeveelheid 12 procent zou stijgen. Na 200 jaar (nog steeds geen evenwicht) is het ijskapvolume 0,4 procent gestegen en de zeespiegel 30 cm gedaald.

Hangend en schuivend ijs

Dat is echter niet het einde van het verhaal. Aan de kusten valt veel meer neerslag (zie fig. 5). De zeer koude en dus zeer zware luchtmassa's komen met grote snelheid van de hoogvlakte naar beneden en veroorzaken enorme windsterkten, die regelmatig meer dan 200 km per uur kunnen bedragen. Waarbij we moeten bedenken dat 130 km per uur al orkaankracht is, een windkracht van 12 op de schaal van Beaufort. Zij zorgen ook voor menging met de veel vochtiger luchtmassa's boven zee en dus voor neerslag. De ijskap van Klein-Antarctica reageert sneller op veranderingen en is ook instabieler omdat deze op vele plaatsen tot ver onder de zeespiegel reikt. Dat zou kunnen leiden tot onderspoeling met relatief warm zeewater en versnelde afbraak. In deze ijskap zit altijd nog voldoende ijs voor een zeespiegelstijging van 7 m.

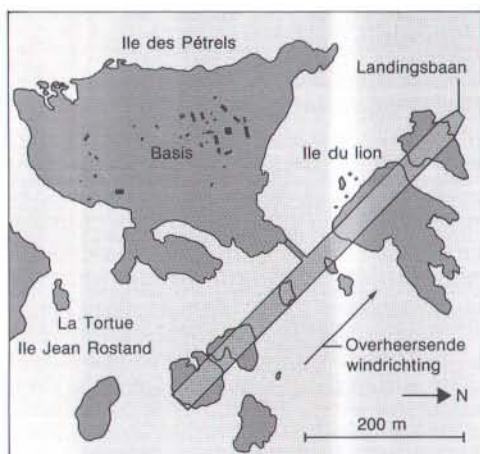
Nog instabieler zijn de 'hangende ijs-shelven', die zich vooral bevinden in de Weddellzee en de Rosszee. Zij zitten aan één kant vast aan de continentale ijskap en worden aan de zee kant slechts hier en daar ondersteund door onderzeese heuvels en bergen. Dit ijs is nu al in contact met zeewater, maar naar de stabiliteit zijn slechts gissingen gedaan. De hoeveelheid ijs in deze 'shelven' is slechts 2 procent van de totale ijskap; toch nog altijd voldoende voor ruim 1 m rijzing van de zeespiegel.

Het grote probleem is dat het gebied niet gemakkelijk toegankelijk is voor onderzoek (zie fig. 6). Bij het afwachten wordt intussen wel de stand van de zeespiegel nauwkeurig bijgehouden. Over de laatste eeuw was de zeespiegelrijzing ongeveer 12 cm, maar het echte broeikas effect moet nog komen. Een van de grote problemen is echter dat van het broeikas effect nog zo weinig echt gekend is en dat we vooral op schattingen zijn aangewezen.

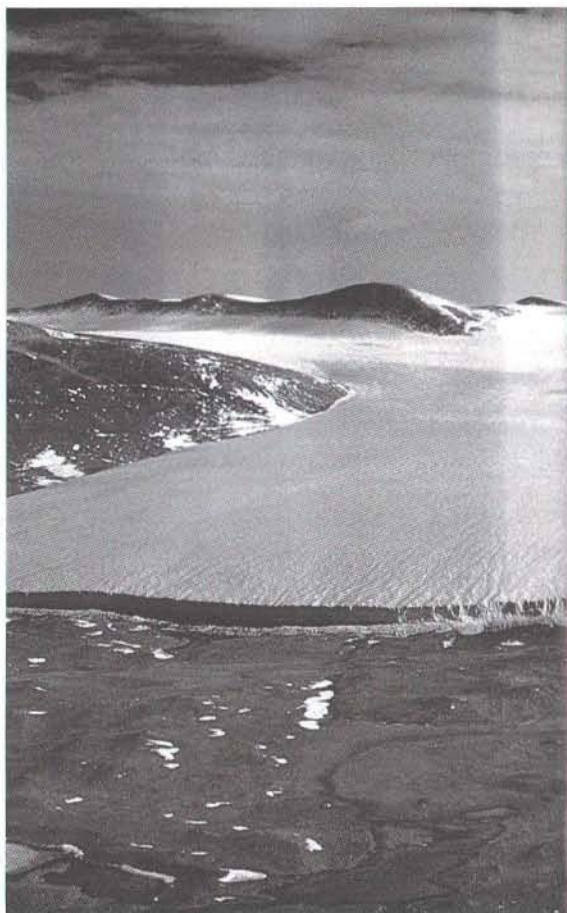
Samenvattend kunnen we zeggen dat de toch niet onbelangrijke vraag naar de toekomstige stand van de zeespiegel neerkomt op het beantwoorden van de vraag wanneer de hangende ijsschelven in stukken zullen breken en hoeveel Klein-Antarctisch ijs er achteraan zal komen schuiven. Die vraag is eigenlijk niet te beantwoorden.

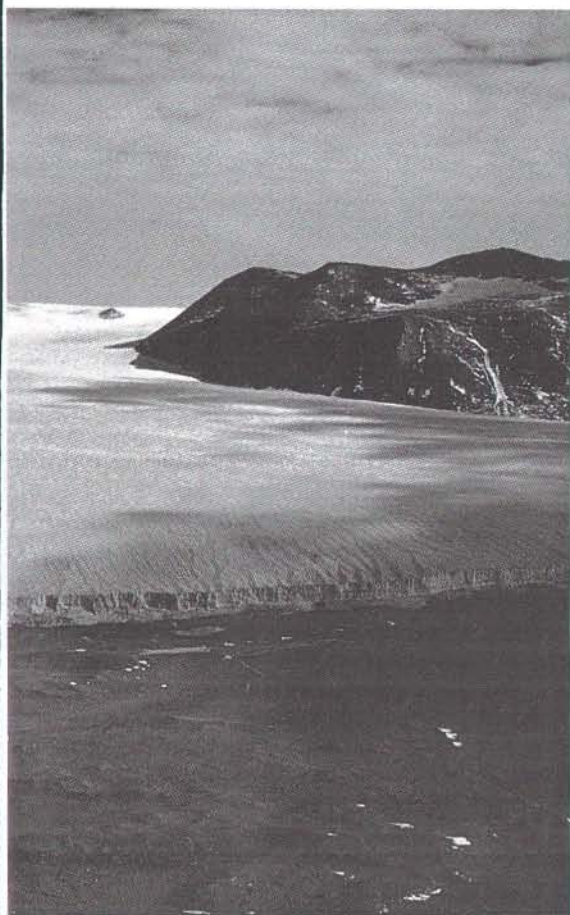
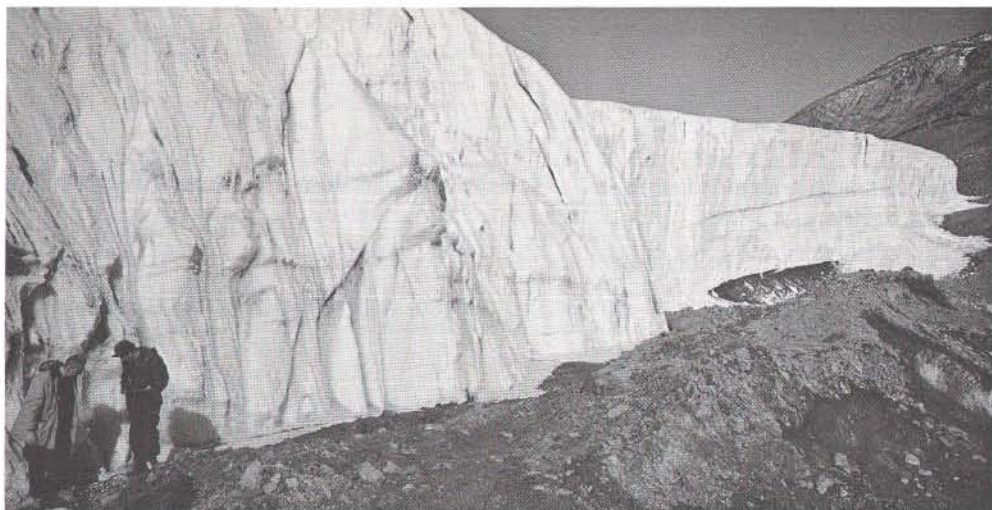
Leven aan de pool

Toen de eerste bezoekers vanuit zee in de 18e en 19e eeuw het Antarctische continent naderden werden ze getroffen door de grote biologische rijkdom van dit barre continent. Die indruk van een rijk biologisch leven is enigszins bedrieglijk, omdat het steeds zeezoogdieren, zoals robben en walvissen, en vogels zoals pinguïns betreft. Dit zijn dieren die op of nabij het zeeoppervlak voorkomen en daardoor voor de mens goed waarneembaar zijn, beter dan echte zeebewoners als bijv. vissen en kreeftachtigen. Bovendien berust die indruk op waarnemingen langs de kusten, waar het leven van Antarctica geconcentreerd is. Het landmassief met zijn ijskappen is met zijn 2500 m het hoogste continent op aarde en is



Boven: Fig. 6. De Fransen willen bij de basis Dumont d'Urville een startbaan van 1100 m aanleggen. Tussen de eilandjes is in het zomerseizoen open water. De kosten bedragen 74 miljoen FF. Het werkbare zomerseizoen wordt door de verhoogde bereikbaarheid tot 5 maanden verlengd; voorheen was dat 2 maanden. De Fransen laten opmerken dat hun oplossing stukken goedkoper uitvalt dan de Duitse. Er bestaat een trend om schepen meer als wetenschappelijke centra of als vrachtvaarder te gebruiken, terwijl transport van personeel met de veel snellere vliegtuigen gebeurt. De Duitsers opteerden voor een onderzoeksschip, de 'Polarstern'. De Fransen winnen aldus vijf weken! De Amerikanen hebben al zes landingsbanen, waarvan twee voor wielen en vier voor ski's. De Russen hebben er al één, maar willen er bij al hun bases een aanleggen. De nieuwe Australische regering heeft ook plannen in die richting. De Engelsen (met de Falklands in gedachte) willen hun vliegveld verbeteren en verlengen. Langzaam maar wordt Antarctica ontsloten, met alle voor- en nadelen die dat inhoudt.

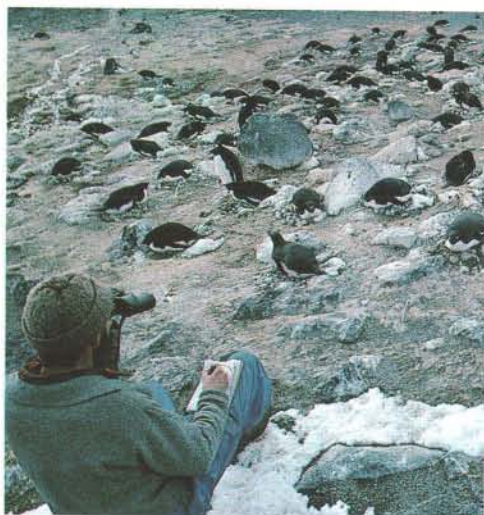




weliswaar niet geheel zonder leven, maar dit blijft beperkt tot enkele lagere planten en kleine insectensoorten. Het poolleven is daarom vrijwel geheel afhankelijk van de zee. Het land wordt langs de kusten slechts benut als broedplaats voor vogels en als voortplantingsgebied voor robben.

Vogels en zeezoogdieren zijn niet alleen het meest opvallend in de zeeën rond Antarctica, ze zijn ook karakteristiek voor het gebied. Binnen de verschillende families zijn vaak enkele soorten overheersend: de Adéliepinguïns maken eenderde van alle pinguïns uit; krabbeneters vormen 85 procent van de gehele robbenpopulatie. In geen enkel zeegebied spelen de zeezoogdieren zo'n overheersende rol in de voedselketen als in de zuidelijke poolzee, waar 's zomers naar schatting 70 tot 80 procent van het totale gewicht aan zeezoogdieren op aarde voorkomt. Vissen, in de meeste andere mariene ecosystemen de voornaamste top-carnivoren, komen in de zuidelijke poolzee wel voor, maar hun rol in het voedselweb is beduidend kleiner dan elders.

Links en boven: Gletsjers als deze in de Taylor Dry Valley produceren tafelijsbergen. Van welke afstand de foto links genomen is, zien we pas goed op de foto boven, die aan de rand van dezelfde gletsjer genomen is. Gigantische hoeveelheden ijs schuiven zo jaarlijks de zee in. Een aftreksommetje met de jaarlijkse sneeuwval zou ons de evolutie van de ijskap moeten geven. De cijfers zijn echter nog te onzeker.



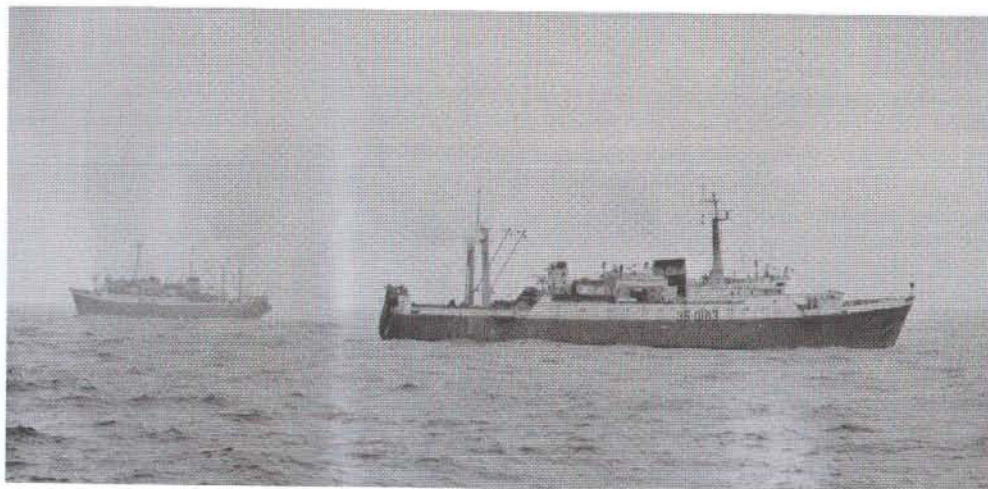
De voedselketen

Belangrijke gegevens voor het ecosysteem zijn de plantaardige produktie - de basis van de voedselketen - en de lengte van die voedselketen. De plantaardige produktie is, zoals normaal in zee, afhankelijk van ééncellige planktonische algen. Vaak is de groei van die algen beperkt door gebrek aan essentiële voedingsstoffen als fosfaat, stikstofverbindingen en kiezelzuur. In de zuidelijke poolzee komt dieptewater, rijk aan mineralen naar de oppervlakte en is die beperking afwezig.

De indruk van intens dierenleven die de Antarctische kusten geven, moet wel gezien worden tegen de achtergrond van de totale desolaatheid van de rest van het continent. Voor biologen is Antarctica een dankbaar studieobject. Het leven heeft er zich aan extreme omstandigheden moeten aanpassen en de voedselketen is er bijzonder kort. Boven worden pinguïns geteld op Adélieland. Rechts maakt men een opname van het geluid van een Weddelrob.







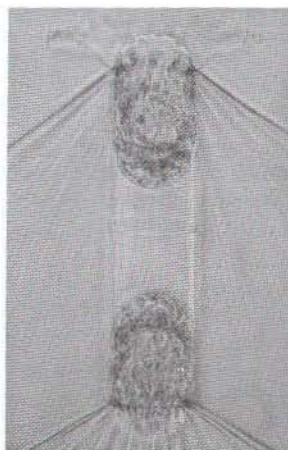
Ook in het oppervlaktewater worden de essentiële voedingsstoffen nooit uitgeput: een opvallende karakteristiek van de zuidpoolzeeën is dat het gehalte aan opgelost kiezelzuur (noodzakelijk voor de groei van diatomeeën) ten opzichte van nitraat en fosfaat zeer hoog is. Dit heeft waarschijnlijk te maken met het zeer lage gehalte aan aluminium van de kiezel-skeletjes van diatomeeën in dit gebied. Die skeletjes lossen daardoor zeer snel weer op, waardoor het aan het water onttrokken kiezelzuur snel weer beschikbaar komt voor nieuwe diatomeeëngroei. Het aluminiumgehalte van de wateren rondom het zuidpoolcontinent is zo laag omdat er van het met ijs bedekte continent zo weinig stof (dat in zeewater aluminium afgeeft) in zee waait.

Tot voor kort werd een hoge plantaardige productie als oorzaak voor de biologische rijkdom aangenomen. De periode waarin voldoende licht aanwezig is voor de fotosynthese is echter slechts enkele maanden. Voor het gehele gebied binnen de Antarctische convergentie wordt de algenproductie nu op 10-20 g koolstof per vierkante meter per jaar geschat, vergeleken met bijv. 100-200 g in de Noordzee. Het gemiddelde zegt niet alles; plaatselijke verschillen zijn erg groot. Als de omstandigheden gunstig zijn, bijv. bij de kust of bij een ijsrand, is er geen beperking door eventuele uitputting van opgeloste voedingsstoffen en dan kunnen zeer dichte algenpopulaties ontstaan.

Boven: Russische treilers op krillvisserij. Een als eenheid opererende vloot omvat zo'n 40 treilers, met bevoorradings- en fabrieksschepen. Krill wordt in Rusland (en Japan) op bescheiden schaal gecommercialiseerd als boterhampasta, in Frankrijk als visvoer en in Japan ook nog als diepvriesgarnaal.

Onder: *Corethron valdiviae* is een typische diatomeeënsoort van de zuidelijke poolzeeën. Op de foto heeft het zich juist gedeeld. De afmetingen zijn 0,3 x 0,06 mm. De foto werd gemaakt aan boord van het Duitse onderzoeksschip 'Polarstern'.

Rechtsonder: Deze bobsleeënde keizerspinguïns kiezen de gemakkelijkste manier om zich bergaf te verplaatsen. Vliegen kunnen ze niet en op vlakke grond zijn ze aangewezen op waggelen. Pas in - en onder - het water zijn ze echt in hun element.



Krill

Met het voorkomen van deze grote algenconcentraties hangt waarschijnlijk het massaal optreden samen van de voornaamste herbivoor in de zuidelijke poolzee, het planktonische kreeftje *Euphausia superba* ('krill'). Dit dier wordt tot 7 cm lang en verzamelt de algen al zwemmend, via een net tussen de voorpoten. Het is op zijn beurt weer het voornaamste voedsel van de pinguïns, enkele van de belangrijkste robbensoorten (o.a. de krabbeneters) en de meeste walvissen. Het komt voor in grote scholen, die het oppervlak van de zee roodbruin kunnen kleuren. De grootste zijn 1 km² groot en enkele tientallen meters dik. Daarin bevindt zich dan ongeveer 4000 ton krill. Die grote scholen zijn echter zeldzaam, de meeste zijn 100 tot 200 m in doorsnede.

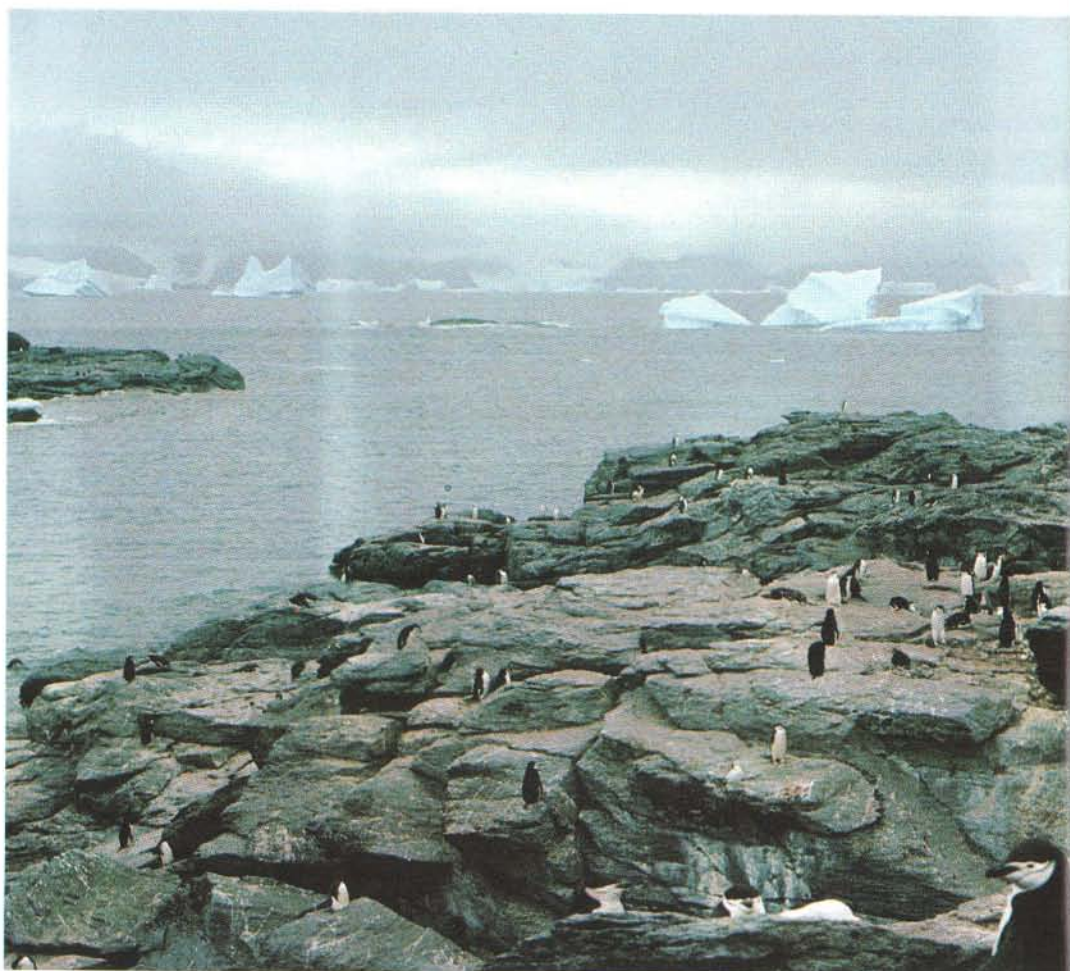
De dieren zijn in scholen geconcentreerd tot 33 kg m⁻³, met een gemiddelde van 200 g m⁻³. Dit schoolgedrag is essentieel voor het succes van de predatoren. Zonder dit schoolgedrag zou de concentratie te gering zijn voor een efficiënte voedselverzameling door de walvis, die in 100 tot 120 dagen voldoende voedsel voor het hele jaar moet vangen. Het voorkomen van de belangrijkste organismen in scholen vormt een typisch kenmerk van de ecologie van de Antarctische wateren. Vooral in de omgeving van het Antarctische schiereiland, vroeger een concentratiegebied van de walvisvangst, komen veel scholen voor. In dit gebied zijn veel onderzeese banken en bergketens

(met eilanden) aanwezig, die een rol spelen bij het opwellen van het bodemwater.

Over de aanwezige biomassa en de productie van het krill is veel gespeculeerd. Men schat dat de Antarctische walvissen, vóór ze deze eeuw afgeslacht werden, jaarlijks zo'n 150 miljoen ton per jaar consumeerden. Voor de andere predatoren wordt de jaarlijkse consumptie op ca. 200 miljoen ton krill geschat, waarvan de vogels ca. 30 miljoen ton consumeren. Op grond van deze schattingen, waaraan diverse onzekerheden kleven, zou men de aanwezige biomassa van het krill kunnen bepalen, als men de leeftijd van de dieren, mogelijk 3 jaar, met zekerheid wist. Maar ook zonder dat lijkt de biomassa van *Euphausia superba* enorm (meer dan 300 miljoen ton vers gewicht?) en in ieder geval groter dan die van elke andere soort op onze planeet, inclusief de mens.

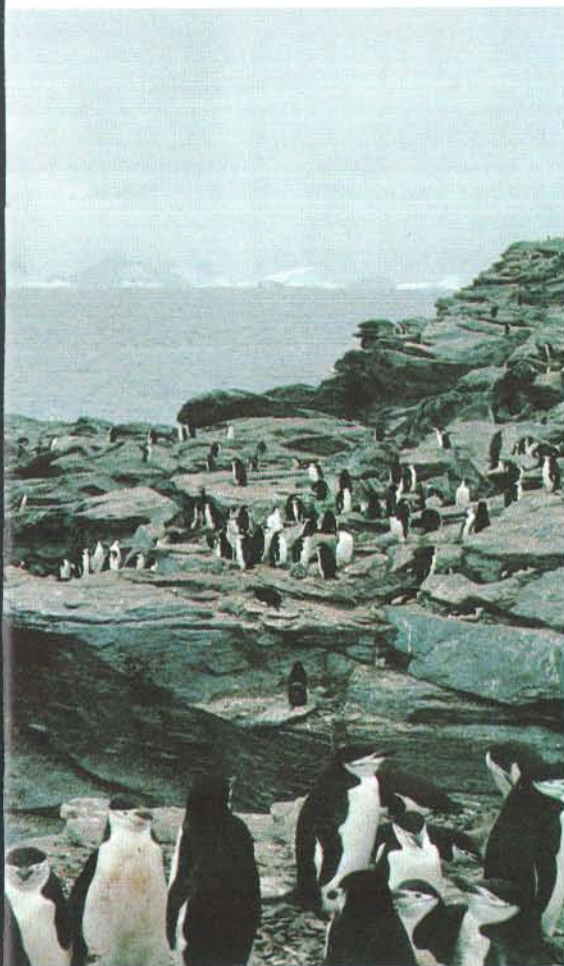
De aanwezigheid van het krill als intermediair tussen het fytoplankton en de voornaamste (warmbloedige) carnivoren is oorzaak voor een ongewoon korte voedselketen met slechts 3 schakels. In de meeste randzeeën zoals de Noordzee zijn er 4 à 5 tussenstappen tussen de algen en (koudbloedige) topcarnivoren, in de open oceaan zelfs 5 à 6! Omdat bij iedere stap in de voedselketen slechts maximaal 20 procent van de energie doorgegeven wordt (de rest gaat als warmte verloren in metabolische processen), komt in het Antarctische ecosysteem een relatief groot deel van de energie die door algen vastgelegd werd, ten gunste van de topcarnivoren.





Geheel boven: Een kolonie stormbandpinguïns op Signy Island (één van de South Orkneys). De dieren zijn absoluut niet schuw; er heerst wat men een 'gezellige dorps sfeer' zou kunnen noemen.

Boven: Deze krillvangst moet binnen enkele uren gepeld worden, met een variant van de garnalenpelmachine, zodat de hoge fluorconcentratie in de schaal over in het dan onbruikbare vlees.



Boven: Het fijnmazige net waarmee krill (*Euphausia superba*) eencellige algen uit het water zeeft is tussen de voorpoten zichtbaar. Walvissen vangen op een analoge manier krill in hun baleinen.

Recent onderzoek heeft de aanwezigheid van andere en langere voedselketens aangetoond. Toch kan worden gesteld dat het Antarctische ecosysteem wordt gekarakteriseerd door: de cyclus algen-krill-carnivoor, een lage algenproductie, een relatief korte voedselketen met *Euphausia superba* als belangrijkste herbivoor en een dominantie van warmbloedige carnivoren. Als zodanig is het een uniek systeem in de wereldzee!

Onopgeloste vragen

Hoewel het ecosysteem in de zuidelijke poolzee in grote trekken bekend is, blijven er toch nog veel vragen over. Zo is het niet geheel duidelijk hoe het systeem reageert op het wegvallen van de grote walvissen. Deze dieren, die in het verleden in de korte zomer gigantische hoeveelheden krill consumeerden, verzamelden in de poolzee de energie om in de tropische wateren vrijwel zonder voeding de lange winter door te komen. Ze zijn nu echter door de internationale walvisvaart gedecimeerd en enkele soorten (blauwe vinvis) worden met uitsterven bedreigd. Er zijn aanwijzingen, dat het verdwijnen van deze reuzen tot uitbreiding van o.a. de pinguïns en sommige robbensoorten (krabbeneter) heeft geleid.

Een andere vraag betreft het overwinteren van het krill. In de zuidelijke poolzee varieert de temperatuur in de loop van het jaar nauwelijks en beweegt tussen $-1,5$ en $+1,5^{\circ}\text{C}$. De organismen, ook het krill, zijn hieraan in een geologisch lange periode met weinig variërende omstandigheden aangepast. Daardoor hebben ze nu optimale groeitemperaturen tussen 0 en 1°C en een dodelijke temperatuur bij sommige soorten van 4°C . Deze aanpassing, die in de geologisch veel jongere Arctische poolzee ontbreekt, houdt in dat de energiebehoefte van het krill in de lange poolwinter niet wezenlijk anders zal zijn dan in de zomer. De vraag is nu, waarmee *Euphausia superba* zich in de winter voedt. Eén mogelijkheid is dat het zich in de winterperiode aan de onderzijde van het ijs vastklemt en het zwemmen staakt, waardoor de energiebehoefte daalt.

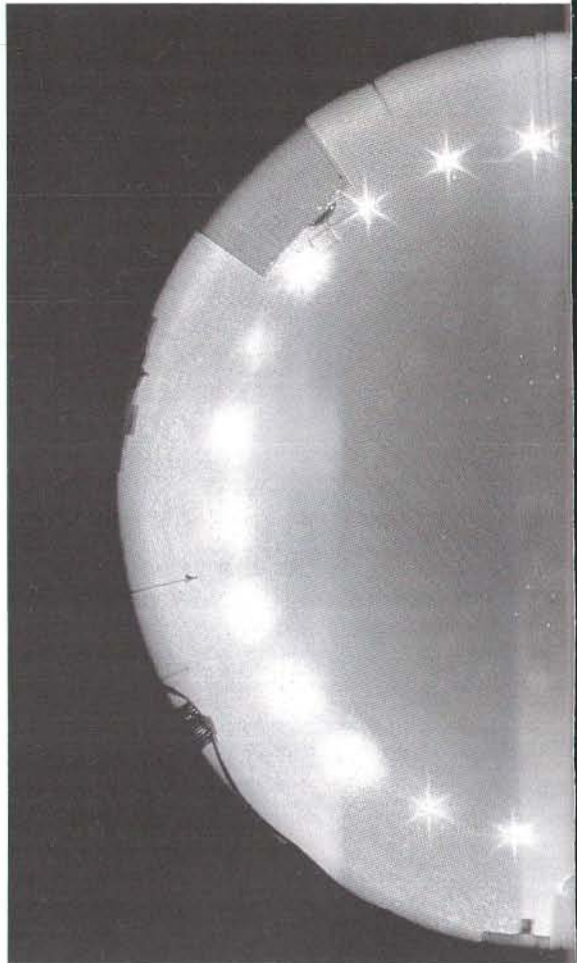
Ook anderszins zijn er nog vele onzekerheden over de algemene biologie en de levensverrichtingen van het krill. Een groot internationaal programma BIOMASS (Biological Investigations On Marine Antarctic Systems &

Stocks) is daarom opgezet om meer over de verspreiding, talrijkheid en levensvoorwaarden van deze voor Antarctica zo belangrijke soort te leren. In 1980-1981 werd hiervan het eerste deel uitgevoerd door 14 onderzoekschepen, in de jaren 1983-1985 volgt een volgende gezamenlijke studie van het Antarctische ecosysteem met als centrale soort *Euphausia superba*.

De toekomst

Tot voor kort was de belangstelling van de mens voor het leven in de poolzeeën beperkt tot wetenschappelijk onderzoek en de exploitatie van voornamelijk walvissen en robben. Zoals vermeld heeft de jacht op walvissen geleid tot een afname van de populaties, zo erg dat enkele soorten met uitsterven worden bedreigd. Recentelijk heeft men ook interesse gekregen in de exploitatie van koudbloedigen, met name krill en in mindere mate vis. De exploitatie van krill is tot nu toe relatief bescheiden, in de orde van grootte van enkele hon-

Rechts: Waarom de polen voor de geografen een speciale betekenis hebben is op deze unieke foto te zien. Hij toont dat een pool het punt is waaromheen de aarde draait. De camera stond precies op de Zuidpool en maakte om de 22 uur een opname van de zon. Alleen op de pool krijgt men op deze manier een volmaakte cirkel. De opname gebeurde in het midden van de 'zomer', met een speciale lens die met verschillende oliesoorten behandeld werd om bevrozing tegen te gaan. Zelfs midden in de zomer is het hier nog steeds afgrijselijk koud.

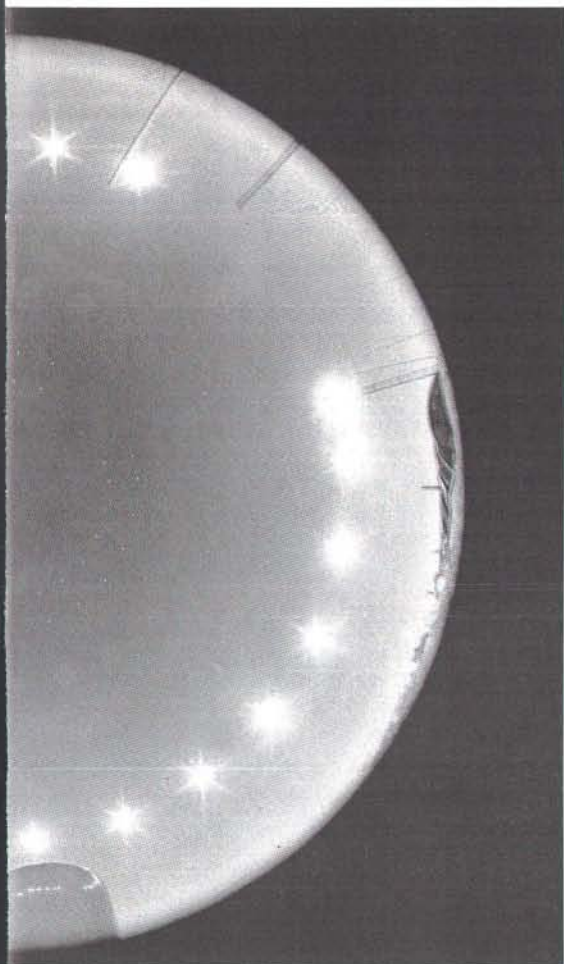


derdduizenden tonnen per jaar. Er wordt vooral gevangen door Russen, Japanners en Polen. Momenteel wordt naarstig gezocht naar een verbetering van de vangst en vooral naar verwerkingsmethoden die tot nu toe grootschalige exploitatie belemmeren.

Het gebruik van krill, voor directe menselijke consumptie of als veevoer, heeft ondermeer het bezwaar dat het exoskelet van dit kreeftje hoge concentraties aan fluoride bevat en daarom na de vangst verwijderd moet worden. Het fluorgehalte is liefst 2 g per kg drooggewicht; voedsel met 1 g fluoride per kg gaf al veranderingen in sommige enzymen van de muis. Uiteraard wordt het onderzoek naar betere vangst- en verwerkingsmethoden sterk gesti-

muleerd door de vangstverwachting, die op mogelijk 100 miljoen ton per jaar wordt geschat. Deze schatting moet worden gezien in het perspectief van de huidige visproductie van alle zeeën ter wereld, zo'n zestig tot zeventig miljoen ton vers gewicht per jaar.

Ondertussen maakt men zich van natuurbeschermingszijde ernstige zorgen over deze ontwikkeling. De redenatie dat door het groten-deels verdwijnen van de walvissen er nu een overschot aan krill bestaat, maakt hier weinig indruk. Men vreest dat grootschalige exploitatie van het krill een herstel van de walvisstand zal belemmeren en mogelijk de stand aan bijv. pinguïns en robben zal bedreigen. Wijzend op het unieke ecosysteem in de zuidelijke poolzee,



dat relatief nog weinig is verstoord, stelt men voor om het gehele gebied de status van reservaat te geven en de exploitatie van de aanwezige levende en niet-levende natuurlijke rijkdommen te verbieden of tenminste aan banden te leggen.

Conclusie

We moeten vaststellen dat verwachtingen ten aanzien van economisch gewin op weinig zijn gebaseerd. Olie- en gasvondsten lijken, op grond van analogieën met andere delen van Gondwanaland niet uitgesloten, maar zijn waarschijnlijk niet van grote omvang. Exploitatie op het continentale plat wordt bemoei-

lijkt door de grote diepte (500-900 meter) en de aanwezigheid van zeer grote ijsbergen. Winning onder een beweeglijke ijskap van 2000 meter dikte heeft bovendien momenteel nog zijn technische beperkingen.

De reactie van de ijskap op de te verwachten opwarming van de atmosfeer (broeikaseneffect door toenemende CO₂-gehaltes) is moeilijk te voorspellen door tegengestelde effecten op verschillende delen van de ijskap. Veranderingen in de zeespiegelstand van enkele meters in ruim honderd jaar zijn weliswaar speculatief maar zijn toch ook weer niet uitgesloten.

Het in de Antarctische poolzee voorkomen de ecosysteem is uniek op onze planeet. Het heeft de volgende onderling samenhangende karakteristieken: geen beperking van planktongroei door voedingsstoffen; de sleutelrol van één kreeftje (*Euphasia superba*) dat in enorme scholen voorkomt en de grootste biomassa van één soort op aarde vertegenwoordigt; een overwegende rol van warmbloedigen (vogels, robben, walvissen) in het systeem, die de plaats innemen van de koudbloedige vissen elders in de werelddoceanen.

Een grootschalige exploitatie van krill, die mogelijk 100 miljoen ton per jaar kan opleveren stuit nog op een aantal technische bezwaren, maar ook op weerstanden bij de internationale natuurbescherming. Die is bang voor de kwetsbaarheid van het Antarctische ecosysteem bij overexploitatie en olierampen, onder andere door schoolgedrag van alle belangrijke organismen in dat systeem.

Literatuur

- Johnson, P., Bond, C., Siegfried, R., (1980). *Antarctica. Het onbekende continent*. Centrale Uitgeverij, Maas-tricht-Brussel. ISBN 90 70157 09 8.
- Hempel, G., (1982). *Das Leben in Eis und Schnee*. Bild der Wissenschaft, 17, 1.
- Schuermans, C.J.E., Oerlemans, J., Mureau, R., Dool, H.M. van den, (1982). *Fysische aspecten van het CO₂-probleem*. Energiespectrum, 6, 9.
- Drewry, D.J., (1983). *Antarctica. Glaciological en Geophysical Folio*. Scott Polar Research Institute, Cambridge. ISBN 0 901021 04 0.

Bronvermelding illustraties

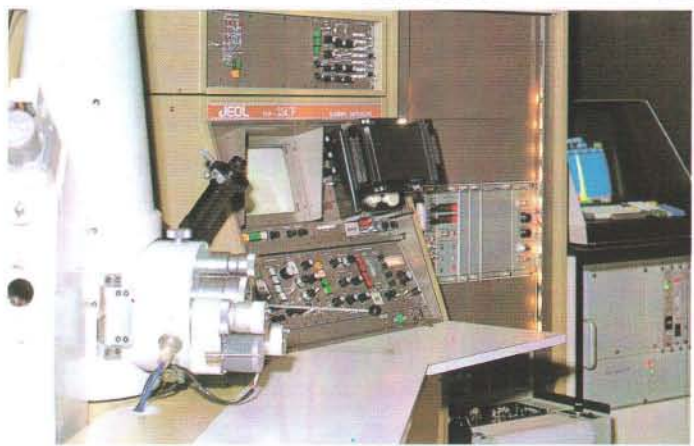
- Georg Gerster, Zumikon: pag. 392-393, 395, 397, 398-399, 400, 402-403, 403, 404 onder, 404-405, 410-411.
- The Mansell Collection, Londen: pag. 393-395.
- P. Van De Sande, Deurne: pag. 401, 407.
- P. Marschall, Bremen: pag. 406 rechts.
- Bruce Coleman Ltd, Uxbridge: pag. 408 onder, 409 onder.
- De overige foto's zijn van de auteurs.

ONTWIKKELINGEN IN DE ELEKTRONEN

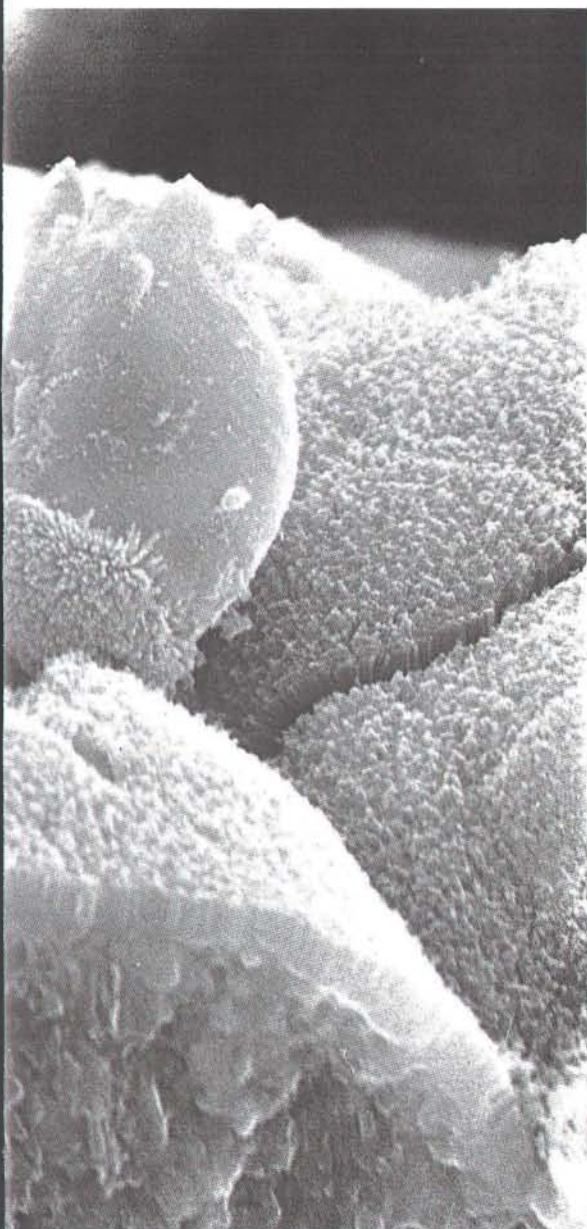
Rechts: Een scanningelektronen-
microscopische foto van een
afgestorven cel, gedeeltelijk
bekleed met microvilli.

Vergroting: 6500 x.

Onder: Een deel van de elek-
tronenmicroscop waarmee de
meeste foto's in dit artikel gemaakt
zijn. Geheel links de eigenlijke
microscop en daarnaast een
overzicht van het bedienings-
paneel.



MICROSCOPIE



Detectie van steeds kleinere details

Bij lichtmicroscopie is de detectie van preparaten sterk afhankelijk van de golflengte van de gebruikte lichtbundel. Daarom gebruikt men sinds de jaren dertig versnelde elektronen, met een kortere golflengte, om steeds kleinere details te kunnen waarnemen. De ontwikkeling van de elektronenmicroscopie is sinds die tijd steeds verder gegaan, dank zij steeds betere lenzen en een optimaal detectiesysteem. Door gebruik te maken van de interacties tussen de elektronenbundels en de materie kan men nu zelfs beelden krijgen met sterke contrasten. Combinatie van technieken en de ontwikkelingen in de micro-elektronica leiden tot een steeds betere wijze van beeldvorming, zelfs op atomaire schaal.

W.L. Jongebloed, R. Kalicharan

*Centrum voor Medische Elektronenmicroscopie
Rijksuniversiteit Groningen*

Ontwikkeling van de microscopie

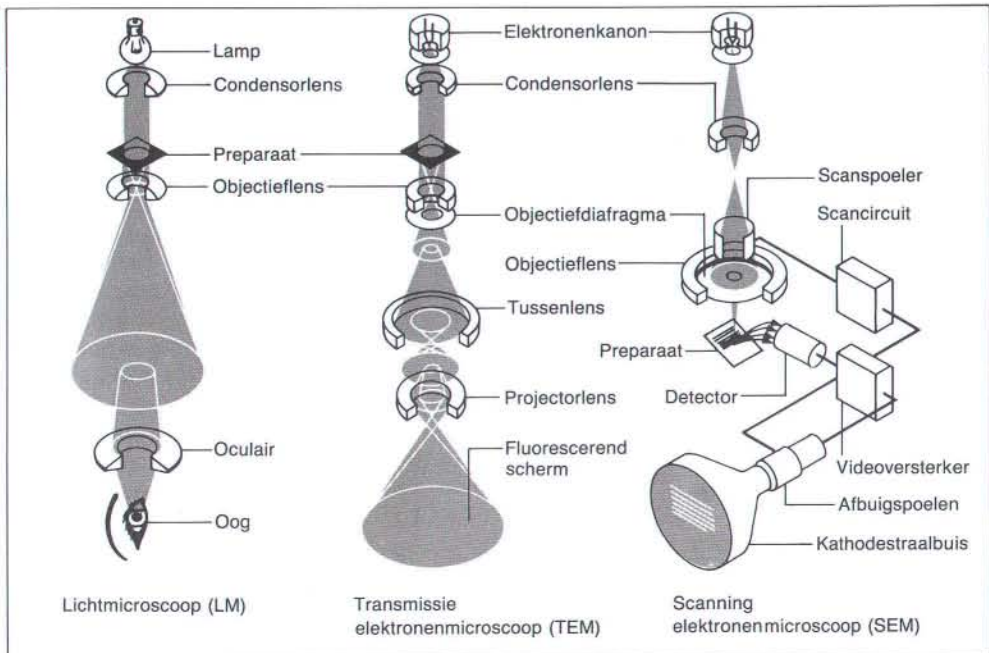
De eerste lichtmicroscop werd in 1670 door Van Leeuwenhoek geconstrueerd en omvatte slechts één lens; het kleinst waarneembare detail was ca. $1\text{ }\mu\text{m}$, terwijl met het 'ongewapend' oog details kunnen worden waargenomen van 0,1 tot 0,2 mm.

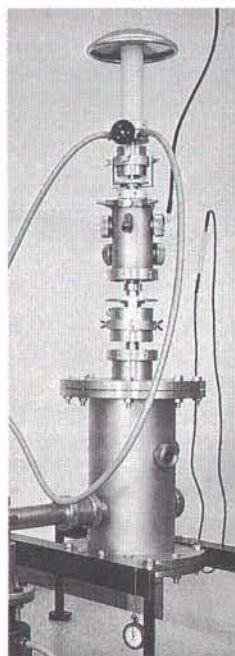
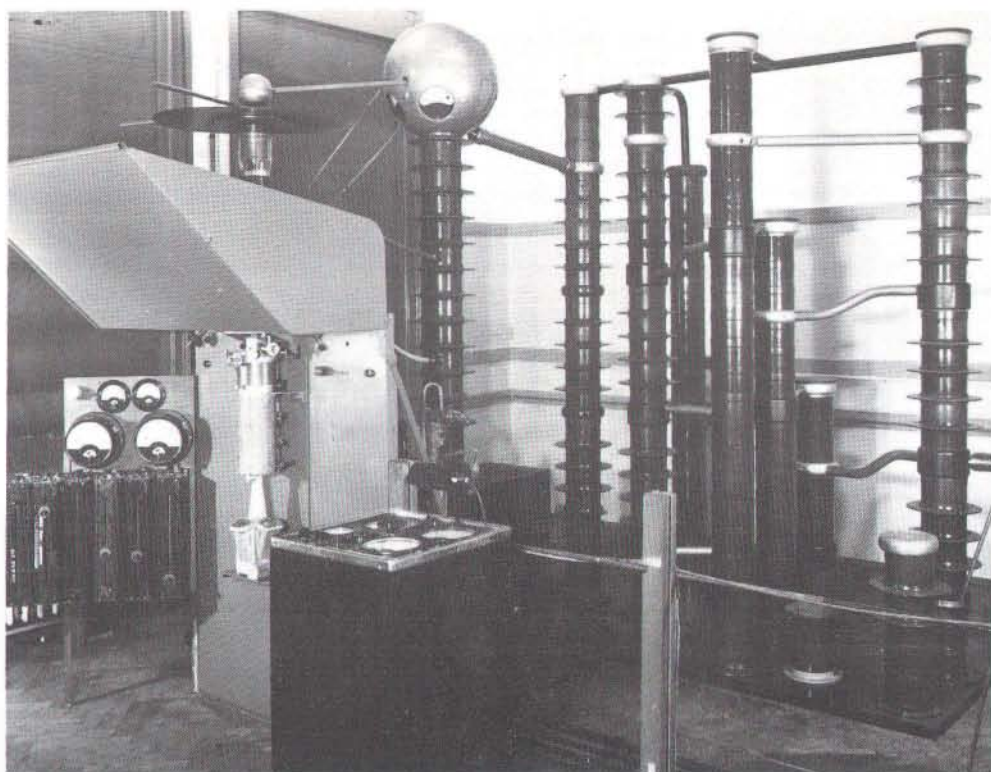
Hoewel er daarna diverse pogingen in het werk gesteld zijn om een betere microscoop (met meer lenzen) te maken, ondermeer door Hook en Malpigi, duurde het nog tot de jaren 1860-1870 voor er door E. Abbe en C. Zeiss een betere samengestelde lichtmicroscop werd geconstrueerd; hij bezat een oplossend vermogen van 0,3 tot 0,5 μm . Abbe postuleerde dat het scheidend vermogen (gedefinieerd als de kleinste afstand tussen twee punten, waarbij die twee punten nog gescheiden kunnen worden waargenomen) ondermeer afhankelijk is van de golflengte (λ) en de openingshoek van (α) van de gebruikte lichtbundel. In formulevorm: $d = 1,22 \lambda / 2n \sin \alpha$; $n \sin \alpha$ wordt wel de Numerieke Apertuur (N.A.) genoemd, waarbij n de brekingsindex is voor de gegeven glassoort. Bij de lichtmicroscop (LM) is deze N.A. ≈ 1 , zodat de golflengte op-

timaal gebruikt kan worden bij relatief grote openingshoeken. Het maximaal oplossend vermogen van de lichtmicroscop is ca. $0,2\text{ }\mu\text{m}$; om kleinere details te kunnen waarnemen is straling (licht) met een kortere golflengte nodig, bijv. ultraviolette straling.

In 1897 bewees Thomson het bestaan van elektronen, terwijl De Broglie in 1924 postuleerde dat versnelde elektronen ook een golfkarakter vertoonden. In 1926 wist Busch een 'lens' voor elektronen te construeren: een elektrische spoel waarmee elektronen gefocuseerd, dat wil zeggen op één punt gericht kunnen worden. De golflengte van de elektronen was, afhankelijk van de versnellingsspanning waarmee ze opgewekt werden, ca. 0,0055 nm. Dit is, bij de nu toegepaste versnellingsspanning van 60 kV, een hele verbetering ten opzichte van de oorspronkelijke $0,2\text{ }\mu\text{m}$.

Knoll en Ruska beschreven in 1931 de eerste elektronenmicroscop, bestaande uit een elektronenkanon en twee lenzen voor de beeldvorming met een nuttige vergroting van ca. 400x. In 1933-1935 construeerde Ruska zijn 'Übermikroskoop', waarbij hij als object een preparaat gebruikte dat door elektronen doorstraald kon worden. Het afbeeldingssysteem bestond





Geheel links: Fig. 1. Het principe van de LM, TEM en SEM. Bij de LM en TEM wordt gebruik gemaakt van een doorstraalbaar preparaat. In de SEM wordt het oppervlak van een preparaat afgetast met een zeer fijne elektronenbundel. De informatie wordt via een detector/versterkingsscherm als beeld op een TV verkregen.

Links: De eerste microscoop van Knoll en Ruska uit 1931. Hoewel het principe van deze eerste microscoop nog steeds geldt, is de praktische uitvoering sindsdien wel sterk gewijzigd.

Boven: Een elektronenmicroscoop uit de periode 1942-'45. De opwekking van de hoge versnellingsspanning geschiedde met de installatie rechts op de foto.

uit 3 lenzen, het scheidend vermogen was ca. 100 nm, m.a.w. iets beter dan de LM. De eerste commerciële transmissie-elektronenmicroscoop (TEM) verscheen in 1939 met een oplossend vermogen van ca. 10 nm, dus 20x beter dan dat van de lichtmicroscoop. Dit heeft tenslotte geleid tot de huidige generatie transmissie-elektronenmicroscopen met een oplossend vermogen van ca. 0,2-2,0 nm; dit door het werk van talrijke onderzoekers waaronder Van Dorsten en Le Poole uit Nederland.

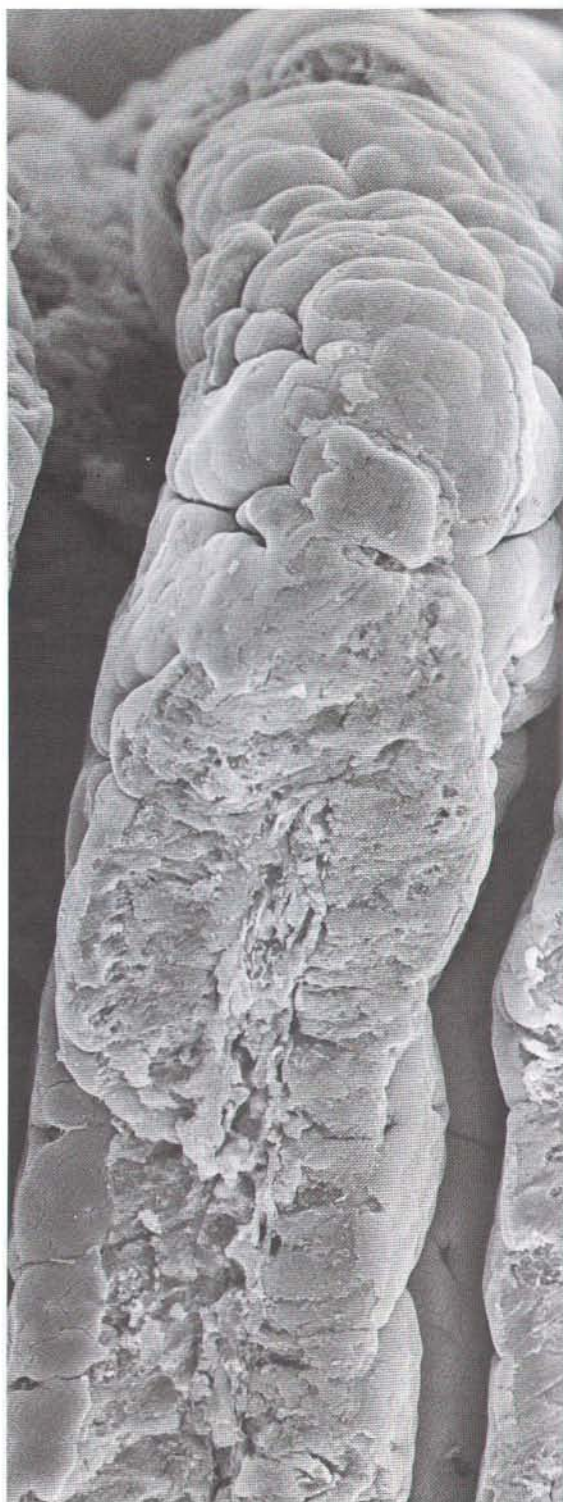
In 1935 vond Knoll het principe van de raster- of scanningelektronenmicroscoop (SEM) uit. Het preparaat wordt hierbij niet met elektronen doorstraald maar het oppervlak wordt door een zeer fijne elektronenbundel afgetast. De beeldvorming komt tot stand via een soort TV-systeem. Door het werk van Von Ardenne (1938), Zworykin, Hillier en Snijder (1942), Oatly (1948), McMullan (1952), Smith (1956), Everhart/Thornley (1960) en vele anderen kwam in 1965 de eerste scanningelektronenmicroscoop op de markt.

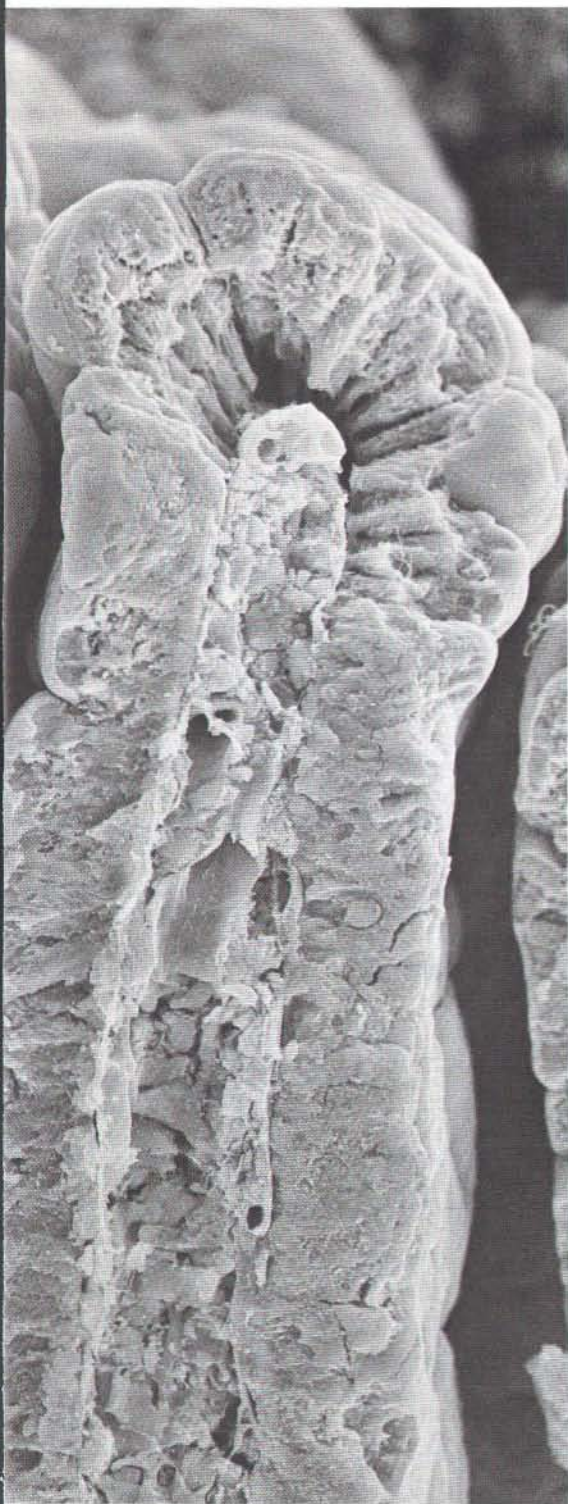


Geheel boven: Een lichtmicroscopische foto (LM) van een coupe van een darmvlok (villus) van de rat, gekleurd met basisch fuchsine en toluidine blauw. De vlokken zijn bekleed met epitheel, waarin slijmbekercellen voorkomen. Onder het epitheel ligt bindweefsel waarin klieren voorkomen die darmsappen afscheiden. Ook lopen er allerlei bloedvaten. Vergroting 315 x.

Boven: Een transmissie-elektronenmicroscopische foto (TEM) van een ultra-dunne coupe (50 nm) van een darmvlok van de rat. Het contrast van het preparaat is verhoogd met lood en uranylacetaat. Men kan enkele slijmbekercellen zien; bovenop het epitheel ligt een laag microvilli. In vergelijking met de lichtmicroscopische foto is de grotere detaillering opvallend. Vergroting 600 x.

Rechts: Deze foto van darmepitheelweefsel is gemaakt met een scanningelektronenmicroscop (SEM). De darmvlokken zijn deels in opzicht, deels in dwarsaanzicht te zien. Het drie-dimensionale karakter van het beeld valt op in vergelijking met de LM- en TEM-beelden. Vergroting 1000 x.





Hieruit is de moderne generatie microscopen van dit type voortgekomen met een oplossend vermogen van 3 tot 10 nm. Dat deze ontwikkeling nog vrij langzaam is geweest, had niet zo zeer te maken met de ontwikkeling van het lenzensysteem, maar met de ontwikkeling van een redelijk ruisvrij detectiesysteem.

Principe LM, TEM, SEM

Het principe van de lichtmicroscop (LM), de transmissie-elektronenmicroscop (TEM) en de scanningelektronenmicroscop (SEM) is in fig. 1 gegeven. Bij LM en TEM wordt met behulp van een condensorlens een licht- resp. elektronenbundel gericht op een *doorstraalbaar* preparaat; de objectieflens vormt met de doorgelaten bundel een beeld dat door het oculair resp. het tussenlens-projectorlenssysteem verder vergroot wordt. De uiteindelijke vergroting is het produkt van de afzonderlijke vergrotingen. Het uiteindelijke beeld is direct zichtbaar (LM) of via een fluorescerend scherm (TEM). In beide gevallen is het ook vast te leggen op fotografisch materiaal.

Bij de SEM vormen de condensor- en objectieflens een zeer fijne bundel, waarmee het *preparaatoppervlak* afgetast wordt. De informatie verkregen door bestraling van het preparaatoppervlak wordt via een detectie- en versterkingssysteem geleid naar een kathodestraalbuis, die net als een TV deze informatie (het beeld van het preparaat) laat zien. Aan de uiteindelijke beeldvorming doen geen lenzen mee. Ook hier kan het beeld vanaf het scherm worden gefotografeerd. De vergroting is de verhouding tussen het afgetaste gedeelte op het scherm en dat op het preparaatoppervlak. Zowel bij TEM als in SEM is de microscopbuis vacuüm getrokken, omdat anders geen elektronenbundel tot stand kan komen.

Op de foto's links wordt een aantal aspecten uit tabel 1 aanschouwelijk gemaakt. Tegenover de dunne coupe in LM en TEM staat het meer ruimtelijke beeld van het weefselstukje in de SEM. Naast de specifieke kleuring in de LM en de specifieke contrasten in de TEM is echter het nadeel van de SEM, dat de herkenning van bepaalde celorganellen voornamelijk naar hun vorm en lokatie moet plaats vinden. Bij de interpretatie van SEM-beelden moet daarom een goede kennis van het weefsel in het bijzonder vanuit de lichtmicroscopie aanwezig zijn.

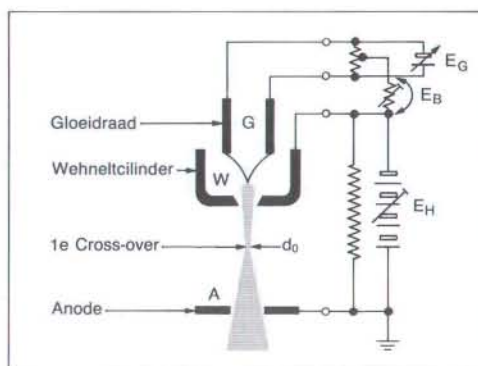
TABEL 1 Vergelijking van enkele grootheden bij LM, TEM en SEM.

Oplossend vermogen	0,2 μm	0,2 - 2,5 nm
Scherptediepte	0,1 μm (1000 x)	\approx 0,2 μm
Soort beelden	Transmissie, reflectie	Transmissie, diffractie
Preparaat voorbereiding	Rel. eenvoudig	Rel. moeilijk
Soort/type	Coupes/replica's, kleine preparaten	Coupes/replica's
Dikte	Enkele μm	Max. 100 nm
Diameter	10 mm	3 mm
Medium	Droog/in vloeistof	Droog/vacuüm
Ruimte	Gering	Zeer gering
Gezichtsveld	Gering	Zeer gering
Signalen	Alleen beeld	Alleen beeld
Vergroting	Max. 1500 x	Max. 400 000 x
Contrast	D.m.v. speciale kleuring	D.m.v. speciale metaalzouten
Fotografie	Conventioneel	Intern, fotomateriaal in vacuüm

Elektronenkanon en gloeidraden

Het elektronenkanon bestaat uit een haar-speldvormige wolframgloeidraad, een zgn. Wehnelt-cilinder en een anode (zie fig. 2). De gloeidraad wordt door middel van een elektrische stroom tot ca. 3000 K verhit. Dit kan door een hoogspanningsveld aan te leggen tussen gloeidraad en anode, en de Wehnelt-cilinder op een geringe negatieve potentiaal (bias-spanning) te brengen. De elektronen worden dan uit de gloeidraad getrokken en convergeren naar een punt tussen kathode en anode. Dit punt, de eerste 'cross-over' met diameter d_0 , wordt wel de afmeting van de elektronenbron genoemd en wordt verkleind afgebeeld op het preparaatoppervlak. Er blijkt een vaste relatie te bestaan tussen de grootte van d_0 en de elektronendichtheid op dit punt. Deze relatie wordt aangeduid met de *helderheid* van de bron of de *Richtstrahlwert*; dit is een vast gegeven voor een bepaald soort bron.

De 'spot'grootte van de bundel bij het preparaatoppervlak is een maat voor het te verkrijgen oplossend vermogen, vooral bij de SEM. Des te kleiner de spot, des te groter het

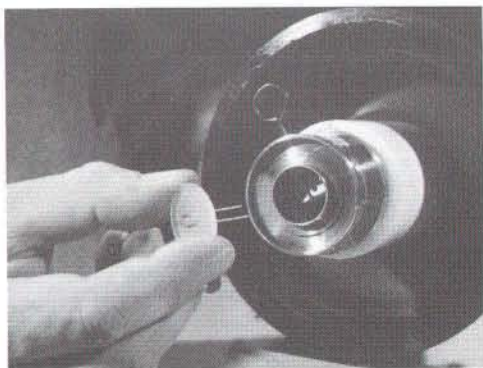
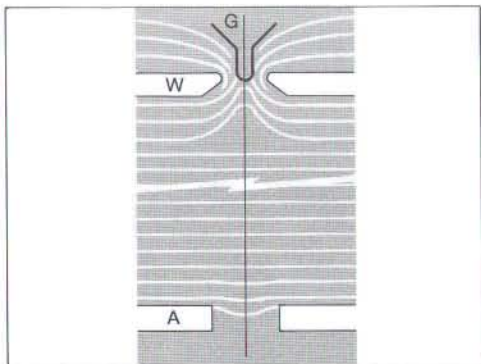


Boven en rechtsboven: Fig. 2. Een schema van een elektronenkanon. E_G = gloeispanning, E_B = biasspanning, E_H = versnellingsspanning, d_0 = eerste cross-over. Zowel de wolframgloeidraad als het LaB_6 -kristal zijn thermische bronnen: dat wil zeggen dat de emissie van elektronen door verhitting verkregen wordt. De veldemissiebron berust op een ander principe.

Geheel rechtsboven: De kleine centrale opening (1-2 mm) aan de bovenkant van de Wehneltcilinder is de uittredeopening van de elektronen. Naast de cilinder ligt een wolframgloeidraad. Daaronder de vervanging van een wolframgloeidraad bij het elektronenkanon van een elektronenmicroscop.

3 - 10 nm
30 μm (1000 x)
Transmissie, reflectie, vele andere
Rel. eenvoudig
Hele preparaten, replica's/coupees
5 mm (top); 15 mm (bodem)
8-10 mm (top), max. 25 mm (bodem)
Droog/vacuüm
Zeer ruim
Zeer ruim
Video, geschikt voor 'processing'
10-180 000 x
D.m.v. oppervlaktetopografie/chemische samenstelling
Extern, fotografie vanaf het beeldscherm

oplossend vermogen. Naast de spotgrootte en de kwaliteit van het lenzensysteem is ook de interactie van de elektronenbundel met de materie een zeer belangrijke factor voor het maximaal te behalen oplossend vermogen. De belangrijkste lensfouten zijn sferische en chromatische aberratie, alsook astigmatisme (dat wil zeggen elliptische afbeelding van een punt).



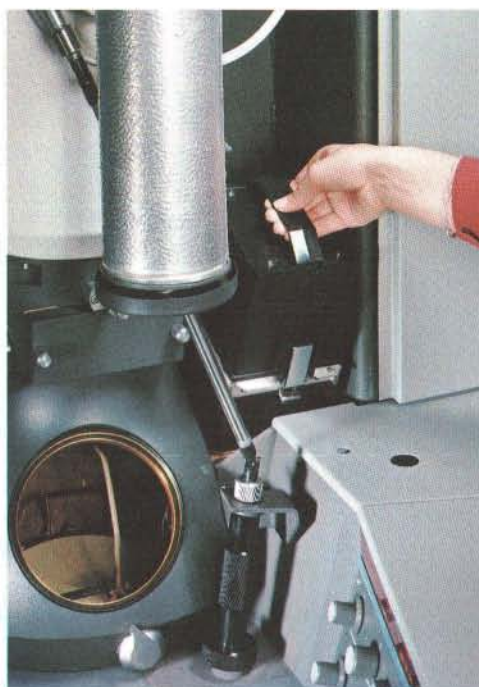
TABEL 2 Enkele gegevens betreffende de elektronenbronnen.

Type elektronen bron	Elektronen-emitterend oppervlak	Bundelstroom (A)	Minimum bundeldiameter op het preparaat-oppervlak	Helderheid elektronenbron ($\text{A cm}^{-2}\text{sr}^{-1}$)	Noodzakelijk vacuüm in Pa
Wolfram	120 μm	4×10^{-14}	5 nm	10^{-5}	$6,6 \times 10^{-7}$ Pa
LaB ₆	1 - 5 μm	3×10^{-12}	2,5 nm	6×10^{-6}	$1,33 \times 10^{-4}$ Pa
Veldmissie	0,05 μm	1×10^{-10}	1 nm	$10^{-7} - 10^{-8}$	$1,33 \times 10^{-8}$ Pa (bij kanon)



De twee foto's geven een beeld van de verwisseling van een rolfilmcamera (links) en een cassette voor fotografische platen (rechts) in een TEM. Deze apparatuur bevindt zich op verschillende hoogte in de projecterende bundel.

Rechts: Een moderne transmissie-elektronenmicroscop. Het bedieningspaneel en een deel van de microscoopbuis met de eucentrische goniometerstage (op deze plaats blijft het preparaat goed in beeld wanneer het gekanteld wordt) en preparaathouder zijn te zien.



De spotgrootte kan niet te klein gemaakt worden, omdat dan per tijdseenheid te weinig elektronen het oppervlak treffen en de detector van de SEM de signaal/ruisverhouding onvoldoende kan registreren. Een bron met een grotere helderheid (dat wil zeggen meer elektronen in dezelfde spotdiameter) kan dan nog verbetering geven, zoals een lanthanumhexaboride-bron (LaB_6 -bron) of veldemissie-bron (zie tabel 2).

De spotgrootte is bij de SEM in zijn meest gebruikte vorm van beeldvorming, dat wil zeggen met secundaire elektronen (s.e, zie het volgende hoofdstuk), naast de preparaat/elektronenbundel-interactie sterk bepalend voor het maximaal te behalen scheidend vermogen. De TEM is hierbij in het voordeel, daar vooral de chromatische aberratie (het verschil in afbuiging ten gevolge van het verschil in snelheid van de elektronen) beter gecompenseerd kan

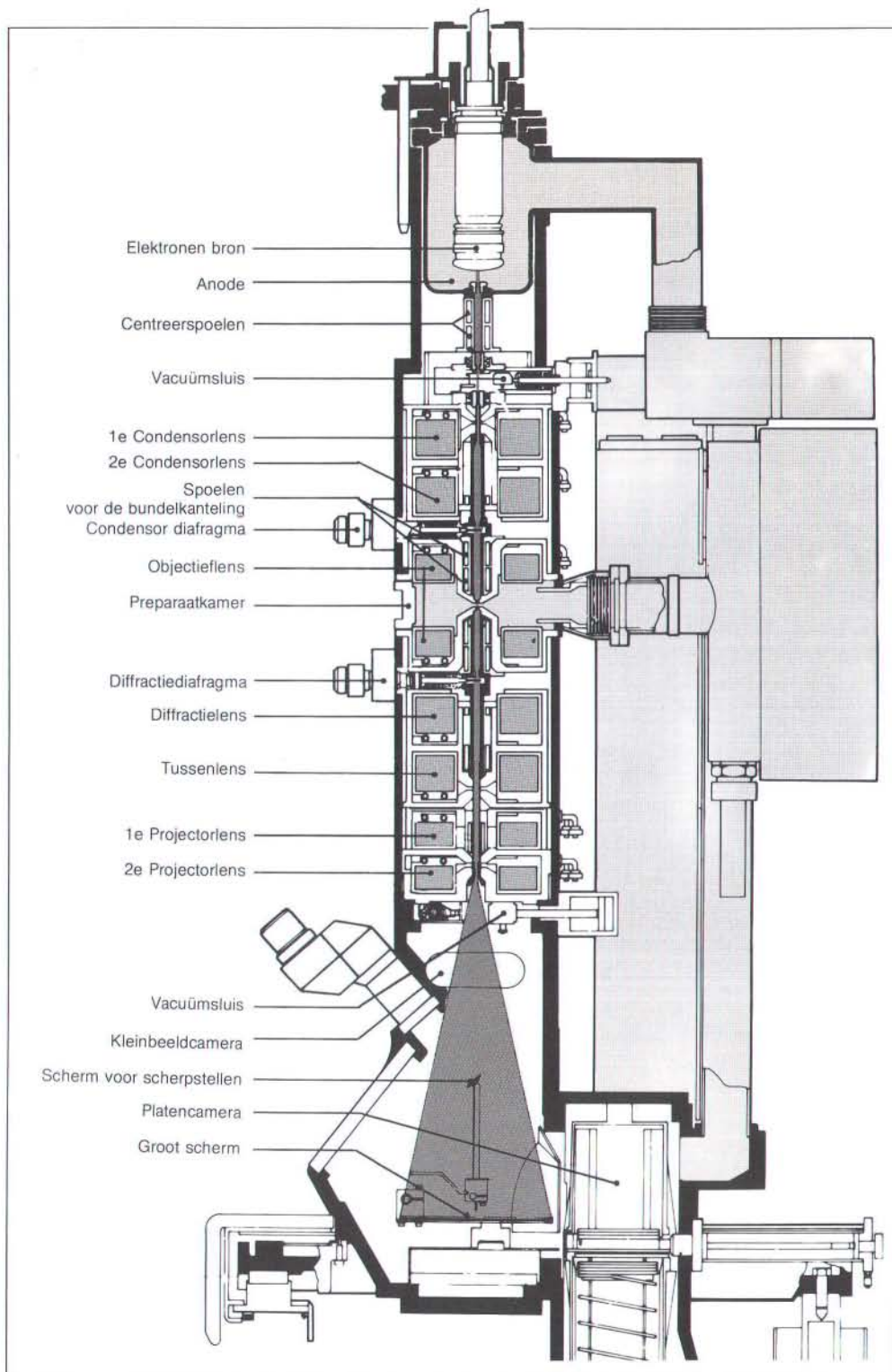


1. Hoofdschakelaar
2. Automatische emissiecontrole
3. Selectieknop versnellingsspanning en schakelaar
4. Selectieknop belichting en startknop
5. Selectieknop spotafmeting en wobbler
6. Grof- en fijn-regeling intensiteit
7. Motor gedreven goniometerkanteling en preparaatbeweging
8. Selectieknop camera
9. Regeling paneelverlichting
10. Aflezing LED-gegevens
11. Regeling objectiefstigmatoren
12. Bundelafbuiging
13. Knoppen preparaatbeweging
14. Hefbomen voor opklappen groot en klein scherm
15. Binoculaire voor klein scherm
16. Focuseringsknop
17. Vergrotingsregeling
18. Cameralengte en uitrichtingsprogramma
19. D.F. kanteling en diffractiecalibratie-eenheid
20. Vacuümsysteemregeling
21. Regeling vacuümafsluiting camera- en kanoncompartiment
22. Vergrotings- en diffractieknop
23. Regeling selected area-, objectief- en condensor-II-diafragma's
24. Voorgepompte goniometersluis
25. Hoogteregeling eucentrische goniometer
26. Bewaarvat van vloeibare stikstof voor preparaatkoeling.

worden door toepassing van een hogere versnellingsspanning. Bij de SEM bedraagt deze max. 40 kV, bij de TEM gewoonlijk max. 120 kV en bij speciale TEM's enkele megavolt.

Bij gebruik van een wolfram-gloeidraad in de SEM (bij beeldvorming met behulp van secundaire elektronen) is het maximale bereikbare scheidend vermogen ca. 3 nm, in de transmissie-vorm ca. 2-3 nm evenals bij de TEM aan ultra-dunne coupes. Het zgn. punt-

oplossend vermogen, gebruikt bij de afbeelding van macromoleculen en kristalroosterafstanden in de TEM, bedraagt zelfs ca. 0,2 nm. Bij het gebruik van een LaB₆-bron of een veldemissie-bron is nog een geringe verbetering te verkrijgen in de genoemde afbeeldingswijzen. De hogere helderheid van de laatste twee bronnen is vooral voordelig bij lagere versnellingsspanningen; het vacuüm moet evenwel aanzienlijk beter zijn (zie tabel 2).



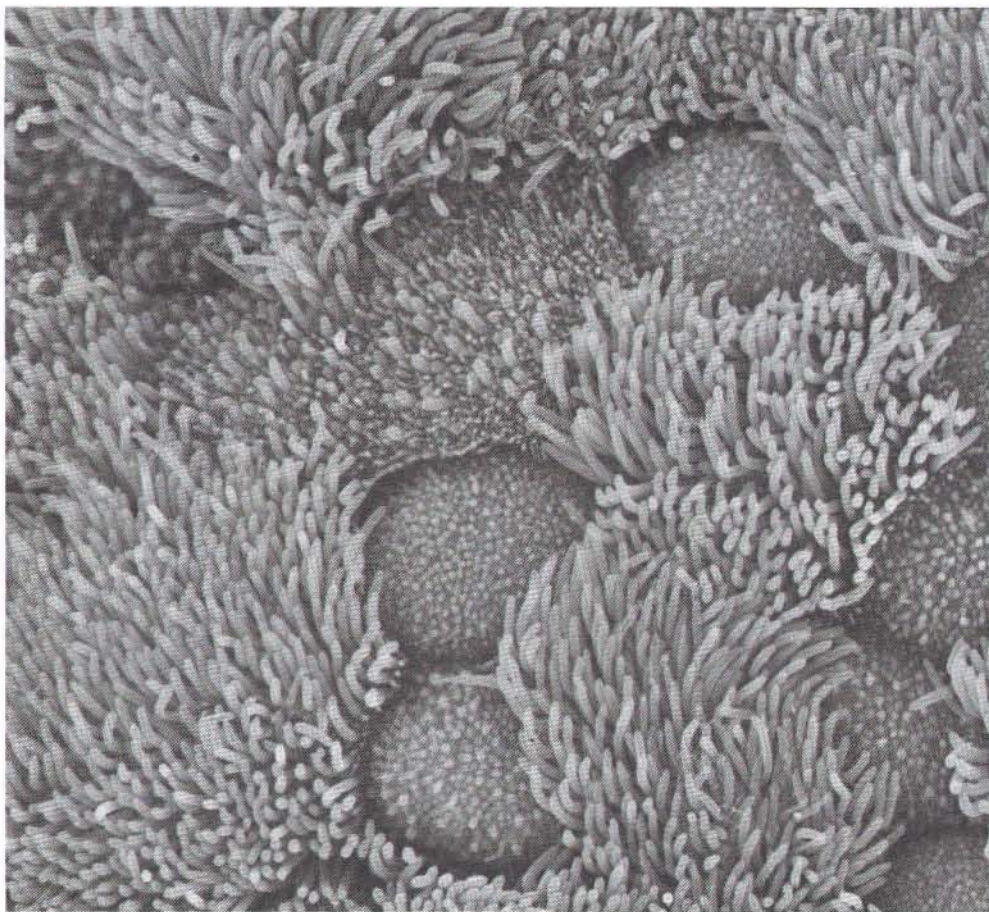
Lenzensysteem

Zowel in de TEM als de LM worden alle lenzen behalve de condensorlens gebruikt voor de beeldvorming. Lenzen van glas hebben een vaste brandpuntsafstand; het brandpunt van elektronenlenzen kan tussen bepaalde grenzen veranderd worden door variatie van de lensstroom. De vergroting van iedere lens wordt bepaald door de verhouding beeldafstand/voorwerpfstand, zowel bij glaslenzen als bij elektromagnetische lenzen. Aan de kwaliteit

van beide typen lenzen worden hoge eisen gesteld; helaas geven elektromagnetische lenzen zoveel sferische aberratie (dit wil zeggen randstralen worden sterker afgebogen dan langs de as verlopende stralen), dat zeer kleine diafragma's gebruikt moeten worden. De Numerieke Apertuur daalt daardoor tot 0,01-0,001; het maximaal bereikbare scheidend vermogen is daardoor beperkt tot ca. 0,05 nm, bij een golflengte van de elektronen van ca. 0,005 nm (bij 60 kV); verdere verhoging van de spanning geeft een kortere golflengte.

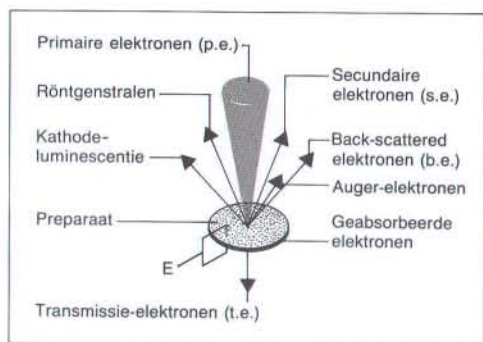
Links: Een doorsnede van een microscoopbuis van een moderne TEM, met elektronenkanon, lenzensysteem, projectiekamer en deel van het pompsysteem. Het preparaat wordt via een vacuümsluis in de preparaatkamer geschoven. Op de schermen onderin wordt scherpgesteld en het preparaat bekeken.

Onder: Een SEM-beeld van de binnenbekleding van de luchtpijp (trachea) van een rat. De speciale preparaatbehandeling stelt ons in staat een zeer ruimtelijk beeld te krijgen van cellen met relatief lange cilia, cellen met korte microvilli en cellen bezet met cilia en microvilli. Vergroting 4660 x.



Elektronenbundel/preparaat interactie

Bij een TEM-preparaat met een dikte van 50 tot 80 nm, verkregen door inbedding van het preparaat in kunsthars en snijden met een ultramicrotome (hiermee worden uiterst dunne plakjes verkregen), vindt verstrooiing van de opvallende elektronen in het preparaat plaats door de daar aanwezige atomen. De verstrooiing en daarmee het contrast kan worden vergroot door meer verstrooiende, dat wil zeggen zwaardere, atomen in het preparaat te brengen

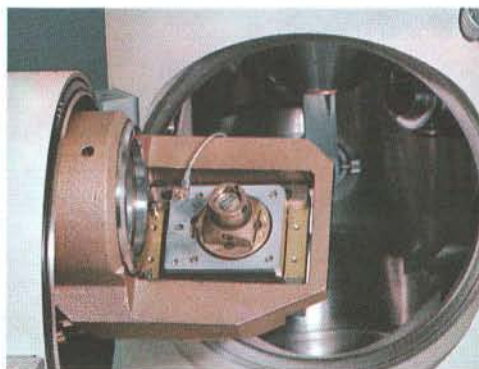
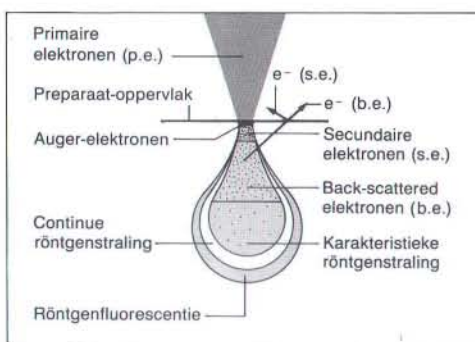


bijv. zouten van uranium, lood e.d. Dit proces wordt net als bij de LM ook kleuring genoemd, hoewel hier geen echte kleuren gevormd worden maar grijs tinten.

Bij de SEM wordt op een andere wijze gebruik gemaakt van de interactie tussen de primaire bundel en het preparaat. De belangrijkste informatie die beschikbaar komt bij bestraling staat in fig. 3. De secundaire en teruggekaatste (backscattered) elektronen zijn het belangrijkste voor de beeldvorming. Bij bestraling door de primaire bundel worden elektronen losgeslagen uit de atomen in de oppervlaktelaag; dit zijn de secundaire elektronen die een zeer geringe energie hebben. Ze kunnen gemakkelijk worden weggezogen door het bij de detector aangebrachte positieve veld (ca. 250 V). Een deel van de primaire elektronen kaatst tegen het oppervlak terug; dit zijn backscattered elektronen. Een ander deel dringt in het preparaat, botst met dieper gelegen atomen, komt al dan niet terug aan het oppervlak (meestal met energieverlies) en kan opnieuw

secundaire elektronen vrijmaken aan het oppervlak.

De secundaire elektronen komen door hun geringe energie slechts uit een dun gebied aan het oppervlak, omdat ze gemakkelijk geabsorbeerd worden. De backscattered elektronen komen door hun aanzienlijk hogere energie uit een veel groter gebied (zie fig. 4). Daardoor zullen de secundaire elektronen een veel beter oplossend vermogen geven dan de backscattered elektronen: resp. 3 tot 10 nm en 30 tot 50 nm.



Linksboven: Fig. 3. De informatie die vrijkomt aan het preparaatoppervlak bij de SEM, bij bestraling door de primaire elektronenbundel.

Geheel boven: Fig. 4. De elektronenbundel/preparaat-interactie, het zgn. druppelmodel van penetratie.

Boven: Het vooraanzicht van de preparaatbewegingsmogelijkheden van een SEM: translatie in x- en y-richting, kanteling van -10° tot $+60^\circ$, rotatie over 360° (continu) en hoogte-verstelling in de z-richting van 0-5 mm.



Geheel boven: Een moderne STEM. Dit is een TEM met een daaraan gekoppelde SEM-eenheid. Het ronde scherm in het midden is voor TEM; het vierkante scherm op de aparte eenheid is voor S(T)EM-beelden.

Boven: Een zgn. multi-function detector in een SEM. De glasvezeloptiek als flexibele verbinding tussen de detector en het versterkingsscherm laat een variabele afstand tot het preparaatoppervlak toe, wat signaalopvang makkelijker maakt. Een paar detectors voor backscattered elektronen en een voor kathodeluminescentie zijn te zien.

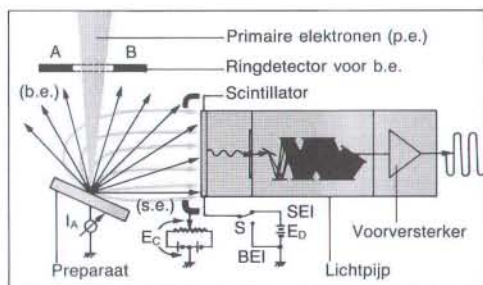
Naast de secundaire en backscattered elektronen ontstaan er ook röntgenstralen, deels als straling karakteristiek voor het getroffen element, deels als straling onafhankelijk van het soort element. Met de eerste kan men microanalyse doen, dat wil zeggen de aanwezigheid van bepaalde elementen kwalitatief en kwantitatief bepalen. Bepaalde elementen kunnen bij bestraling ook lichtkwanten uitsenden, de zgn. kathodeluminescentie. Wanneer het preparaat dunner is dan 150 nm, kan men de doorgelaten bundel gebruiken om er een transmissie-elektronenbeeld mee te maken, een zgn. scanning-transmissiebeeld (STEM).

Bij een versnellingsspanning van 25 kV heeft het gebied in een biologisch preparaat waaruit de secundaire elektronen komen een dikte van ca. 10 nm; de backscattered elektronen komen uit een gebied met een dikte van ca. 3 μm , de totale indringdiepte van de primaire elektronen is ca. 10 μm . Om meer informatie uit het oppervlak te krijgen moet dus een lagere versnellingsspanning aangelegd worden.

Detectoren en beeldvorming bij de SEM

Voor elke soort informatie (zie fig. 3) is in principe een andere vorm van detectie nodig. Alleen voor de verwerking van de röntgenstraling gebruikt men een spectrometer.

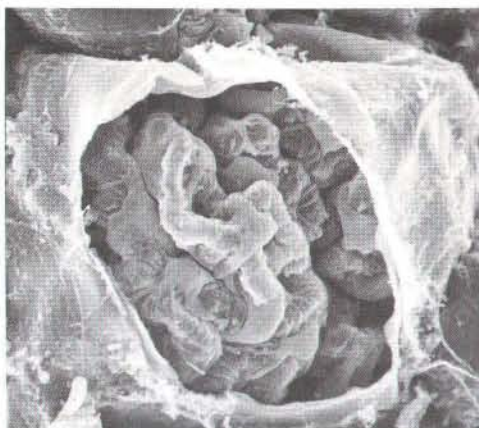
Voor de secundaire elektronen gebruikt men meestal een detector volgens Everhart-Thornley (zie fig. 5). De secundaire elektronen worden door hun geringe energie aangetrokken door de zwakke positieve potentiaal (250 V) bij de collector; daar aangekomen worden ze versneld door het hoogspanningsveld (7-15 kV) bij de scintillator. De inslag op de scintillator maakt lichtkwanten vrij, die via een zgn. lichtleiding (lightpipe) naar een fotomultipliatorbuis worden gevoerd. De fotonenstroom wordt vervolgens weer omgezet in een elektrisch signaal dat naar de kathodestraalbuis wordt gevoerd, die dit signaal omzet in 'helderheid' op het scherm; de omweg via fotonen is nodig als vacuümscheiding. Omdat de secundaire elektronen ook komen van plaatsen welke afgewend zijn van de detector, komt het contrast tot stand tengevolge van de topografie van het oppervlak (zie de foto rechts). Secundaire elektronen (s.e.) geven aldus oriën-



Geheel rechtsboven: Een foto van een nierlichaampje (glomerulus) van de rat. Het is gedeeltelijk omgeven door het nierkapsel. De fijne vertakkingen van het podocytenlichaam zijn fraai te zien. Vergroting 310 x.

Boven: Fig. 5. Het detecteren van secundaire elektronen vindt meestal plaats met een detector volgens Everhart-Thornley. De elektronen maken in een scintillator lichtkwanten vrij die via versterking waargenomen worden.

Rechts: Een SEM-opname van een breukvlak door leverweefsel van een rat. De bolvormige structuur met microvilli is een lymfociet, terwijl de langgerekte cel dwars in de sinusoid (de 'holle buis') gelegen, een zgn. Kupffercel is. Vergroting 8700 x.

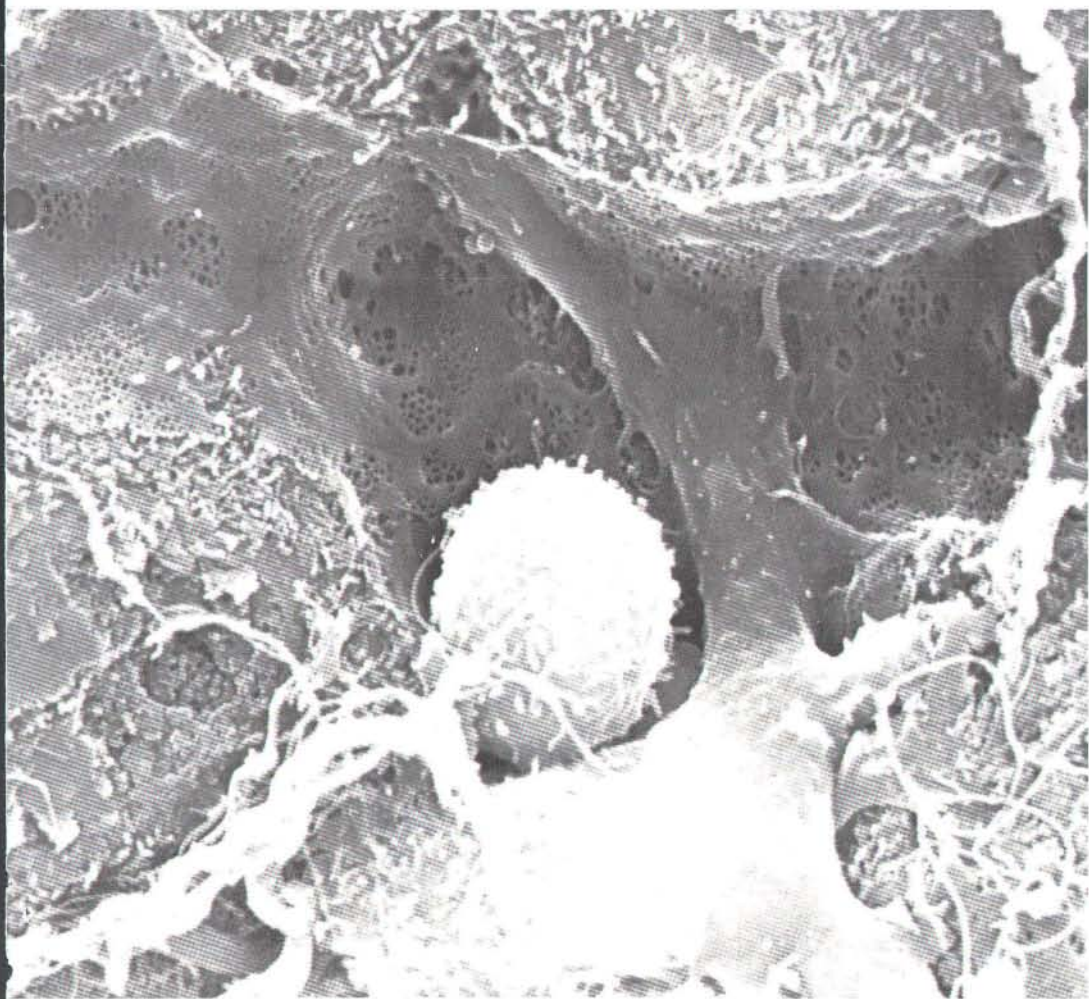


teringscontrast en uitsluitend morfologie (ofwel de vorm van het preparaat).

Voor de backscattered elektronen wordt meestal een ringdetector gebruikt vlak boven het preparaatoppervlak (zie fig. 5). De afstanden zijn niet op schaal weergegeven omdat deze elektronen min of meer in rechte lijnen lopen en bij een zijdelings geplaatste detector dus een zeer gering signaal zouden geven. Des te zwaarder het element is dat bestraald wordt, des te meer backscattered elektronen worden er geproduceerd; het contrast wordt hier dan ook bepaald door de aard van het element. Er is hier dus sprake van *materiaalcontrast*, van belang bij röntgenmicroanalyse.

Voordelen van de SEM

Er is een groot aantal voordelen te noemen voor het gebruik van de SEM: de grote scherptediepte in het bijzonder in vergelijking met de LM geeft zeer ruimtelijke beelden, ook bij hoge vergrotingen (zie de foto's op de openingspagina en hieronder). Het natuurlijk aandoend contrast is te vergelijken met macroscopische beelden in zwart-wit. Relatief grote preparaten kan men bekijken met een groot gezichtsveld in een ruim vergrotingsgebied vanaf ca. 10x (zie de foto's op pag. 428 en 429 onder). Men kan het preparaat zeer gemakkelijk manipuleren; mogelijk zijn translatie, rotatie,





Links: Een preparaathouder in een zgn. cryo-blok in een SEM. Door het blok met vloeibare stikstof op -196°C te houden, kan het preparaat in bevroren toestand in de microscoop bekeken worden.

Onder: Een SEM-foto van een snijtand van een rat, gezien van de achterkant. De enigszins lichtere buitenzijde geeft het glazuurgedeelte van de snijtand weer. Vergroting 27,5 x.

Rechtsonder: Een SEM-foto van het oppervlak van de snijtand van de foto onder. De oriëntatie van de glazuurprisma's is in drie richtingen. Vergroting 3850 x.

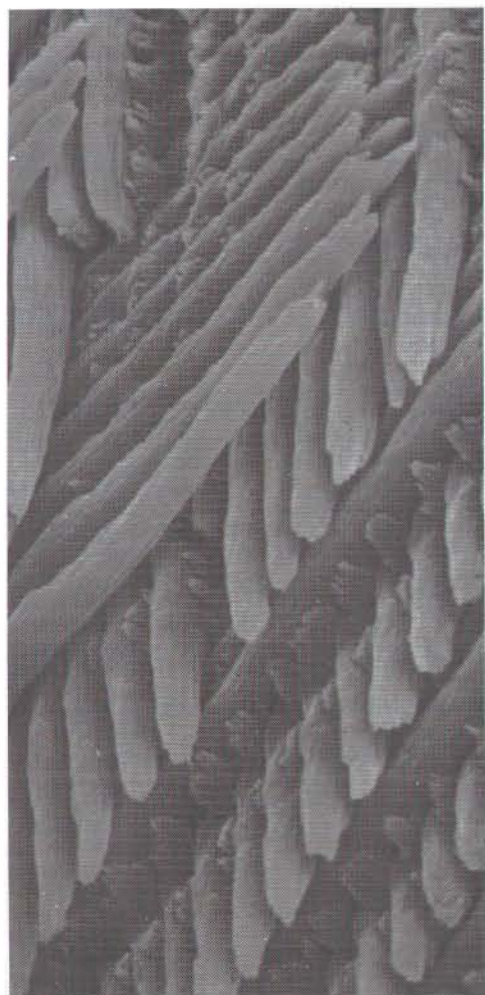
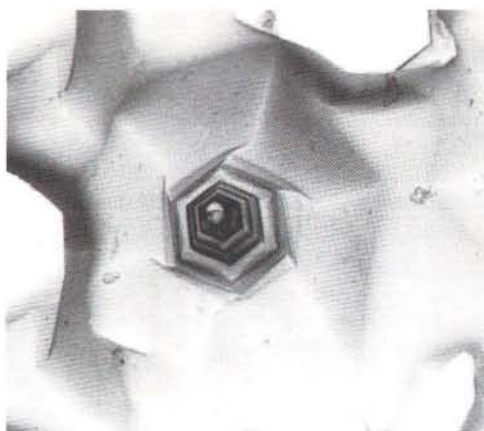
Rechts: Een stereo-paar van een etsput met schroefdislocatie in een fluorapatietkristal. Het verschil in contrast in de beide SEM-beelden ten gevolge van een verschil in de opnamehoek van ca. 7° is zichtbaar. Vergroting 1700 x.

kanteling en daarmee de mogelijkheid voor echte stereoscopische beelden (zie de foto's rechtsboven). Er is een zeer goed oplossend vermogen bereikbaar, daardoor is het een uitstekende schakel tussen LM en TEM in het bijzonder door de uitbreiding van mogelijkheden om (ruwe) oppervlakken te bekijken. Een grote verscheidenheid aan informatie is te verkrijgen in de vorm van een videosignaal, geschikt voor verdere elektronische verwerking; tenslotte is de preparatie vrij eenvoudig.

De vergroting bij de SEM is de verhouding tussen het afgetaste gedeelte op het scherm en het afgetaste gedeelte op het preparaat. Bij een vergroting van 10x wordt een vlakje ter grootte van 1 cm^2 en bij 10 000x een vlakje ter grootte van $100\text{ }\mu\text{m}^2$ op het preparaat afgetast. De afstand tussen de lijnen op het scherm mag maximaal 0,1 mm zijn (dit is het oplossend vermogen van het oog) zodat er minimaal 1000 lijnen bij een schermhoogte van 10 cm zijn. Meestal neemt men dan een aftasttijd van 50 tot 100 seconden voor een foto; voor visuele waarneming kan men met aanzienlijk kortere aftasttijden (minder lijnen) volstaan.

De scherptediepte is afhankelijk van de hoek waaronder de primaire bundel het preparaat treft. Deze hangt ook weer af van de preparaat/lensafstand, het gebruikte diafragma en de vergroting. Grote scherptediepte gaat daarom gepaard met een slechter oplossend vermogen. Omdat het gebruik van een LaB₆-bron de toepassing van kleinere diafragma's toelaat, is hiermee een verbetering van de scherptediepte te verkrijgen.





Stereomicroscopie

Vanwege de grote scherptediepte, als gevolg van de sterke diafragmering, zijn elektronenmicroscopen uitermate geschikt voor het maken van stereoscopische opnamen. Hiertoe worden twee opnamen van het preparaatgedeelte gemaakt met een gering verschil in opnamehoek, zo'n 3 tot 10°, afhankelijk van de gekozen vergroting en de ruwheid van het oppervlak. De beide zo verkregen opnamen kunnen met een stereoviewer, stereobril of soms zelfs zonder hulpmiddel bekeken worden (zie bijv. de foto's hierboven). Bij nauwkeurige toepassing van deze techniek kunnen metingen in de 3e dimensie worden uitgevoerd.

Preparatie voor de SEM

Met de SEM kan een grote verscheidenheid aan preparaten bekeken worden, zowel natuurlijke, breuk-, snij-, als gepolijste en geëtste oppervlakken van (in principe) biologische en niet-biologische preparaten. Voorwaarde is dat de preparaten droog zijn en niet van structuur veranderen tijdens het prepareren of microscoperen. Dit betekent dat vooral biologische preparaten een zodanige voorbehandeling moeten ondergaan dat de drie-dimensionale structuur op submicroscopisch niveau behouden blijft.

Biologische preparaten bestaan voornamelijk uit water, lipide- en eiwitcomponenten; de componenten moeten dus 'vastgelegd' (gefixeerd) worden, met andere woorden in een

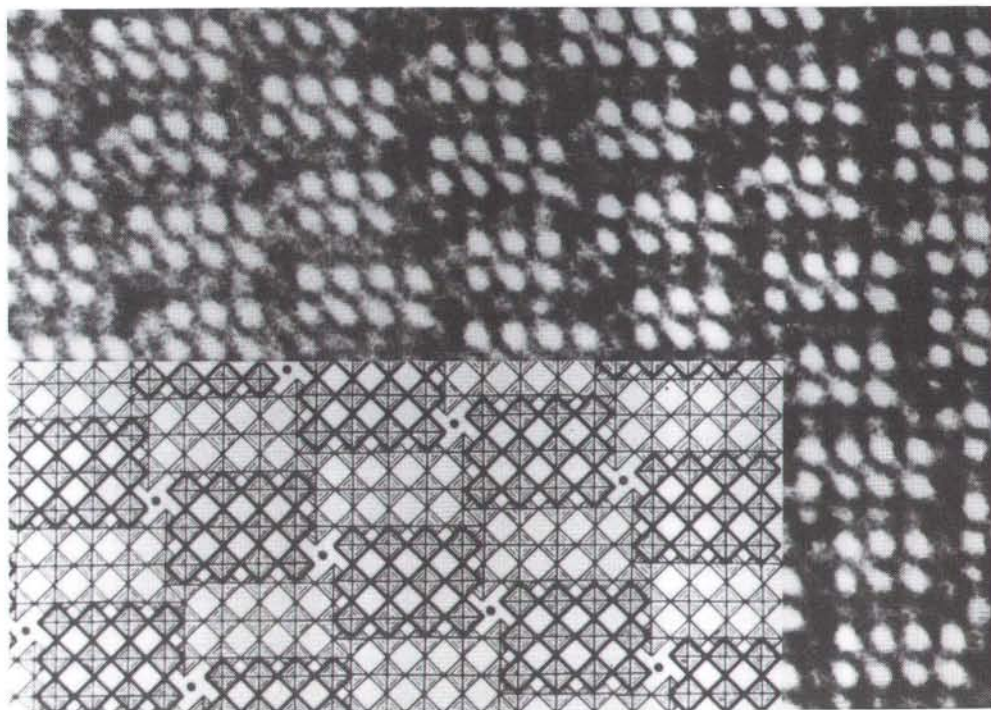
onoplosbare verbinding worden omgezet. Hiervoor worden glutaraaldehyde en osmiumtetroxyde gebruikt. Om het water te verwijderen kan o.m. vriesdroging toegepast worden; te zamen met de fixatie kan een voldoende stevig preparaat gemaakt worden dat bestand is tegen het vacuüm in de microscoop en de beschieting met elektronen. Tenslotte moeten de preparaten geleidend zijn of gemaakt worden; meestal wordt daarvoor een 5 tot 10 nm dunne metaallaag (goud-palladium) op het preparaatoppervlak gebracht.

Toekomstvisie

Men is steeds bezig om door verbeteringen van lenzen, elektronenbronnen e.d. het scheidend vermogen te vergroten. Bij de TEM komt men zeer dicht bij de praktische grenswaarde;

bij de SEM kan een verbetering van de signaaldetectie en het gebruik van bijv. een LaB_6 -bron tot een verbetering van het scheidend vermogen leiden in het bijzonder voor secundaire elektronen. In de toekomst zullen de conventionele SEM met een transmissiedetector en de conventionele TEM met een scanningeenheid er aan gekoppeld tot een universeel apparaat versmelten met een zeer hoog scheidend vermogen in zowel de secundaire- als transmissiewijze van beeldvorming. De huidige scanning-transmissie-elektronenmicroscoop (STEM) is nog te dualistisch van karakter.

Anderzijds is men in de transmissie-elektronenmicroscopie steeds hogere versnellingsspanningen tot 1 000 000 V (1 MV) gaan toepassen; de zgn. hoogspanningsmicroscopen, waarmee steeds hogere vergrotingen gehaald worden en steeds kleinere details te zien zijn.



Boven: Een TEM-foto van de roosterstructuur van een verhit Nb_2O_5 -kristal, verkregen met een super-twinlens en een eucentrische goniometer bij 120 kV. De inzet geeft de kristalstructuur weer na computerverwerking van het elektronenmicroscopische beeld. De vergroting van de foto is ca. 10 miljoen maal.

Rechts: Een SEM-foto van een dubbele etsput in een fluorapatietkristal; de hexagonale vorm van de etsputten en het hierin verlopende etsfront zijn fraai waar te nemen. De typische 'lichtinval' in de drie-dimensionale structuur suggereert iets van de geheimen die de wetenschap nog voor ons in petto heeft. Vergroting 3820 x.

In een aantal gevallen is men er in geslaagd om levend materiaal gedurende korte tijd, zonder bestralingsschade aan te brengen, te bekijken. Het spreekt vanzelf dat de prepareertechnieken ook steeds verbeterd moeten worden, opdat de fijnere details ook werkelijk waarneembaar zullen zijn. Bij de röntgen-microanalyse wordt ijverig gewerkt aan het verleggen van de detectiegrens naar de allerlichtste elementen en het verfijnen van de computerprogramma's om steeds kleinere hoeveelheden te kunnen detecteren.

Tenslotte wordt de vraag vanuit de micro-elektronica naar het detecteren van uiterst dunne lagen en minieme spanningsverschillen met oppervlak aftastende technieken steeds belangrijker; terwijl de opmars van de micro-elektronica in de elektronenmicroscopische wereld steeds grotere vormen gaat aannemen.

Literatuur

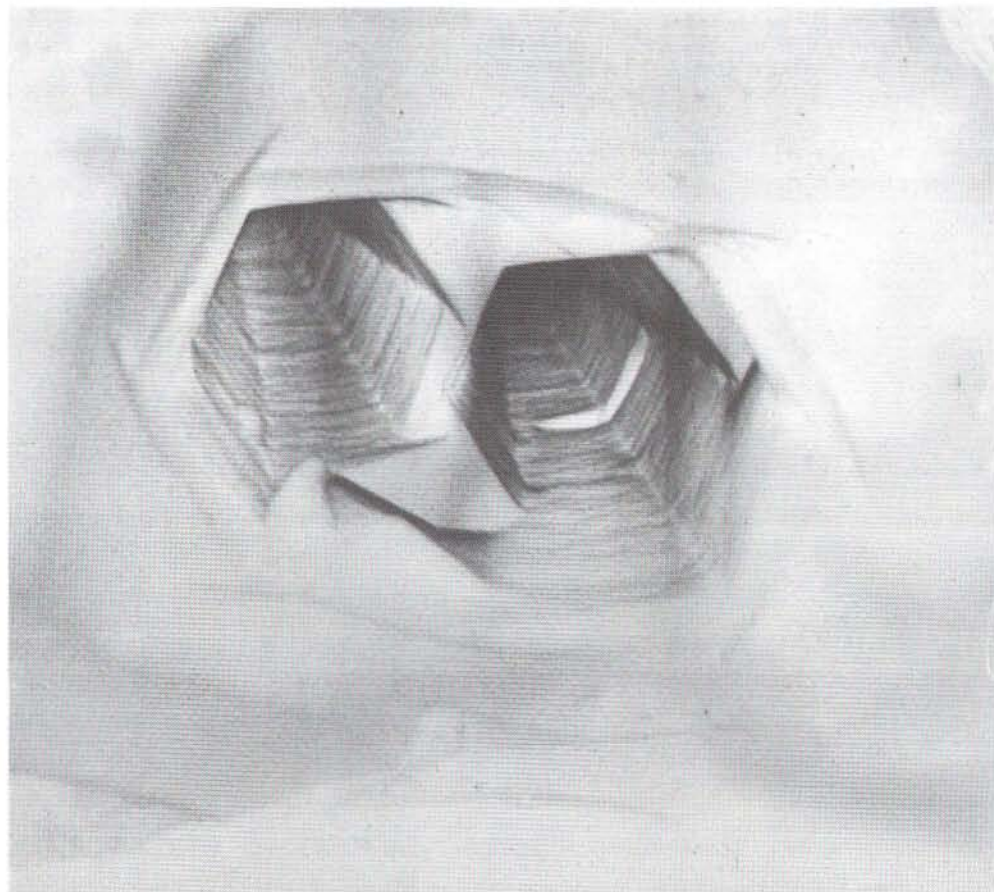
- Wells, O.C., (1974). *Scanning Electron Microscopy*. McGraw Hill Book, New York. ISBN 0 07 069253 X.
Hayat M.A., (1973). *Principles and Technique of Scanning Electron Microscopy*. Van Nostrand Reinhold Co., New York. ISBN 0 442 25687 6.
Kessel, R.G., Kardon, R.H., (1983). *Cellen, weefsels en organen*. Centrale Uitgeverij, Maastricht. ISBN 90 70157 314.


Dankbetuiging

Ing. J. Pieters (Mol. Celbiologie, RU Utrecht) en ir. J.B. Kuipers (Int. Fac. Inst. EM, RU Groningen) worden hartelijk dank gezegd voor het kritisch doorlezen van het manuscript.

Bronvermelding illustraties

JEOL (Europe) B.V., Schiphol-Oost: pag. 413.
Philips Export B.V., Electron Optics, Scientific & Industrial Equipment Division: pag. 415 boven, 419 rechts, 420, 421, 422, 425, 428 linksboven, 430.
Carl Zeiss, Oberkochen: pag. 415 onder.
Alle overige opnamen zijn afkomstig van de auteurs.





DE GRAFISCHE INDUSTRIE

Het drukken van tekst is al eeuwenoud en de vooruitgang in kwaliteit van drukwerk is al die tijd te danken geweest aan de voortgang van de techniek. De opkomst van de elektronica heeft vreemd genoeg niet zo'n grote invloed gehad op het eigenlijke druk-

procédé, hoogstens kunnen de persen nu een paar keer sneller lopen. Dit in tegenstelling tot de voorbereiding tot de druk (bijv. het zetten van tekst of de reproductie van kleurenafbeeldingen) waar de elektronica nieuwe systemen heeft geïntroduceerd, waarmee arbeidstijden tot een fractie van vroeger zijn teruggebracht.

Elektronica tussen pers en post



Een kijkje op een
paar inktbakken
en -rollen van een
moderne drukpers.

Frits de Winter
Zoeterwoude

Bescheiden snelheidswinst

In het vorige artikel over recente ontwikkelingen op het gebied van het gedrukte woord werd aandacht besteed aan de revolutie, die zich heeft voltrokken bij het zetten van tekst en bij de reproductie van bijv. kleurenafbeeldingen.

Merkwaardig genoeg zijn de ontwikkelingen in de eigenlijke drukkerij veel minder spectaculair. Weliswaar wordt ook dáár in toenemende mate gebruik gemaakt van allerlei elektronische hulpmiddelen, maar hier gaat het veel meer om sturing en procesbeheersing, dan

om werkelijk volledige automatisering met behulp van elektronica.

In vergelijking met de gigantische snelheidswinst die er bijvoorbeeld op het gebied van het zetten is bereikt (waar kathodestraalbuiszetmachines thans honderden malen zo snel zijn als de loodzetmachines van twintig jaar geleden) is er bij de drukpersen in feite maar sprake van bescheiden vooruitgang. De meeste van de thans gebruikte vellenpersen lopen hooguit tweemaal zo snel als de machines van een kwart eeuw geleden.

Wél is er de afgelopen jaren een duidelijke tendens waar te nemen dat men overgaat van

Rechts: Meer en meer doen snelle, elektronisch gestuurde offsetmachines, zoals deze twee- en vierkleurenpersen, hun intrede in de grafische bedrijven. De winst aan produktiviteit komt daarbij, behalve uit de hogere snelheid, vooral uit de kortere insteltijden en lagere inschiet.

Onder: Zo zag 'Valkenburg Offset', de drukkerij waar Natuur en Techniek wordt gedrukt, er vijftientig jaar geleden nog uit: boekdrukdruk- en cilinderpersen, niet erg snel en tamelijk arbeidsintensief. Op dit moment echter wordt in deze drukkerij ook gebruik gemaakt van snelle twee- en vierkleurenpersen waarmee snelheden van zo'n 7000 vellen per uur gehaald worden.



vellen- op rollendruk, waarmee produktiesnelheden kunnen worden bereikt die 3 à 4 maal hoger liggen in vergelijking met vellendruk. Maar zelfs dát is nog maar bescheiden in vergelijking met wat er op het gebied van de voorbereiding tot de druk is bereikt.

Om papier of een ander materiaal te bedrukken, moet het ongeacht om welk procédé (hoogdruk, diepdruk, offset of zeefdruk) het ook gaat allereerst op de een of andere manier in de drukmachine worden ingevoerd. In principe kan dat op twee manieren: het papier wordt in losse vellen ingelegd of het wordt als een ongesneden, 'eindloze' baan vanaf een rol

machine worden gevouwen, eer het verder kan worden verwerkt.

In wezen is de overgang op rollendruk de enige wezenlijke bijdrage aan een ingrijpende vergroting van de snelheid in de drukkerij die te melden valt. En dan gaat het, in vergelijking met het zetten en de reproductie (waar sprake is van snelheidsvergrotingen van vele tientallen malen), eigenlijk nóg maar om een bescheiden winst. De snelste vellenpersen halen druksnelheden van ongeveer 15 000 vel per uur; de snelste rollenpersen loopt ongeveer 40 000 exemplaren per uur. Die snelheden worden momenteel als de hoogst bereikbare beschouwd.



in de pers geleid, bedrukt en pas daarna gesneden, gevouwen en verder verwerkt. Alle procédés kunnen op een daartoe geschikte vellenpers worden uitgevoerd, maar met name in de diepdruk komt een dergelijk type machine vrijwel niet meer voor, zeker niet in de Benelux.

De laatste jaren komen er steeds meer rollenpersen. De voornaamste oorzaak daarvan is dat de rollenpersen een aanzienlijk grotere produktie per uur heeft dan een machine waarin vel voor vel moet worden ingelegd. Bovendien zijn rollenpersen vaak uitgerust met een inrichting, waarmee de bedrukte papierbaan in één arbeidsgang meteen wordt gesneden en gevouwen, zodat er complete, gevouwen 'katerns' uitkomen. Het bedrukte vel dat van de vellenpers komt, moet eerst nog in een aparte vouw-

Netto uurproducties

Opvoering van de produktiviteit in de drukkerij wordt overigens niet alleen bereikt door vergroting van de druksnelheid door overgang op rollendruk. Die overgang is trouwens economisch gezien lang niet altijd aantrekkelijk. De rollendrukpers heeft namelijk een vast formaat, wat dus een nadeel is. Het is wel mogelijk de baanbreedte van het ingevoerde papier te variëren, maar de lengte van de druk wordt bepaald door de omvang van de cilinders, waarvan gedrukt wordt. Alleen als een pers wordt uitgerust met verwisselbare cilinders kan de lengte van een druk gevarieerd worden. In de diepdruk wordt dat dan ook veelvuldig gedaan; in de offset is het bij enkele pogingen gebleven.

Bovendien heeft de rollendruk het nadeel dat het verlies aan papier (de zgn. inschiet), bijvoorbeeld bij het aanlopen van de pers, veel groter is dan bij vellendruk. Dat betekent dat er een bepaalde minimum oplage nodig is, alvorens rollendruk in de praktijk rendabel wordt.

In vellen- en in rollendruk wordt, zowel ter vergroting van het aantal werkelijk productieve uren als ter verkleining van de inschiet, zeer veel aandacht besteed aan de procesbeheersing tijdens het drukken. En ook op dat gebied wordt weer in toenemende mate gebruik gemaakt van elektronische hulpmiddelen.

Inktgeving

Een van de belangrijkste gebieden, waarop de inzet van elektronische hulpmiddelen tot verbetering van kwaliteit en produktiviteit in de drukkerij heeft geleid is de 'inktgeving'. Voor het behalen van een drukresultaat dat nauwkeurig het origineel nabootst, is het van doorslaggevende betekenis, dat de hoeveelheid opgebrachte inkt binnen uiterst nauwe toleranties wordt gehouden.

In het bijzonder bij de meerkleurendruk, die (zoals in het eerste artikel over de ontwikkelingen op grafisch gebied in het afgelopen april-



Boven: Volautomatische rollenwisseling zorgt er op moderne rollenpersen voor dat de machine op volle snelheid kan blijven doordraaien bij overgang op een nieuwe rol papier. Op de foto het aanbrengen van zo'n nieuwe rol.

Rechts: Op deze foto, waar men bovenop de inktbakken van een vierkleurenoffsetpers kijkt, is goed te zien welke kleurvolgorde er wordt aangehouden: 1e unit (achteraan) zwart; 2e cyaan (blauw); 3e magenta (rood) en 4e geel. Geheel op de voorgrond de uitleg van de pers, waar de bedrukte vellen tenslotte belanden. In de uitleg wordt een speciaal poeder gespoten om te voorkomen dat eventueel nog natte inkt doordrukt op het volgende vel. De onderdelen in de uitleg zijn dus wit bestoven.



nummer werd beschreven) een kwestie is van het nauwkeurig over elkaar heen drukken van de vier reproductiekleuren geel, magenta, cyaan en zwart, zijn deze toleranties bijzonder klein. Een zeer geringe toename van de inkt-hoeveelheid in één van de deelkleuren, kan leiden tot een ingrijpende verschuiving van de kleur, zoals die op de afdruk door het menselijk oog wordt waargenomen.

Het beheersen van de hoeveelheid aan te brengen inkt is zeer moeilijk, omdat dit door een groot aantal variabelen nadelig wordt beïnvloed. Bij de offset bijvoorbeeld is er sprake van een hele reeks oorzaken die ertoe kan

leiden dat de grootte van de rasterpunten, waaruit het vierkleurenbeeld wordt opgebouwd, varieert. Dat begint al in de fase van de voorbereiding. De duur van de belichting, de lengte van de ontwikkeling, de temperatuur van de ontwikkelbaden, de belichtingstijd bij het kopiëren van de film op de offsetplaat, het zijn allemaal fasen waarin de rasterpunt (zo'n beetje de heilige koe van de drukindustrie) in grootte kan variëren. In het eerste artikel hebben we gezien hoe de grafische industrie er, door de inzet van elektronische kleurencaners, gestandaardiseerde werkmethoden, meting met behulp van nauwkeurige elektronische 'densitometers' in geslaagd is die puntgrootte tot aan het moment waarop gedrukt gaat worden vrijwel perfect te beheersen.

Maar ook daarna moet met een aantal variabelen rekening worden gehouden. Die zijn zelfs zo belangrijk dat het een probleem op zichzelf is geworden om de proefdruk, zoals die wordt verkregen aan het einde van de voorbereidende fase in het reproductiebedrijf, aan te passen aan de oplaagdruk, zoals die bij het uiteindelijke productieproces op de vellen- of rollendrukkers plaatsvindt (zie intermezzo I).

Oorzaken van zogenaamde 'toonverschuivingen' op de pers zijn o.a. te 'vet' of te 'schraal' drukken, doordat de afstelschroeven van de inktbakken verkeerd staan afgesteld; de invloed van het vochtwater, dat bij het offsetproces zo'n belangrijke rol speelt (teveel water leidt tot 'verschraling' van de druk, te weinig water juist tot een groter worden van de rasterpunt dan bedoeld was; zelfs de samenstelling van het vochtwater dat een bepaalde zuurgraad moet bezitten is van invloed op het drukresultaat); de temperatuur en in relatie daarmee, de viscositeit (de 'vloeibaarheid') van de inkt; de manier waarop de inkt wordt opgebracht, alle kleuren in een drukgang, direct na elkaar ('nat-in-nat') op een vierkleurenpers, of kleur na kleur op een machine die maar één kleur per drukgang opbrengt; zelfs de snelheid waarmee gedraaid wordt kan variaties in de opgebrachte laagdikte van de inkt of de puntgrootte tot gevolg hebben.

Als we dan bedenken, dat een ietwat 'groeien' van een rasterpunt in het cyaan dat voorkomt in chocoladebruin, om maar eens een berucht voorbeeld te noemen, al tot een zodanige verschuiving in de uiteindelijke kleurweergave leidt, dat het bruin meer op een

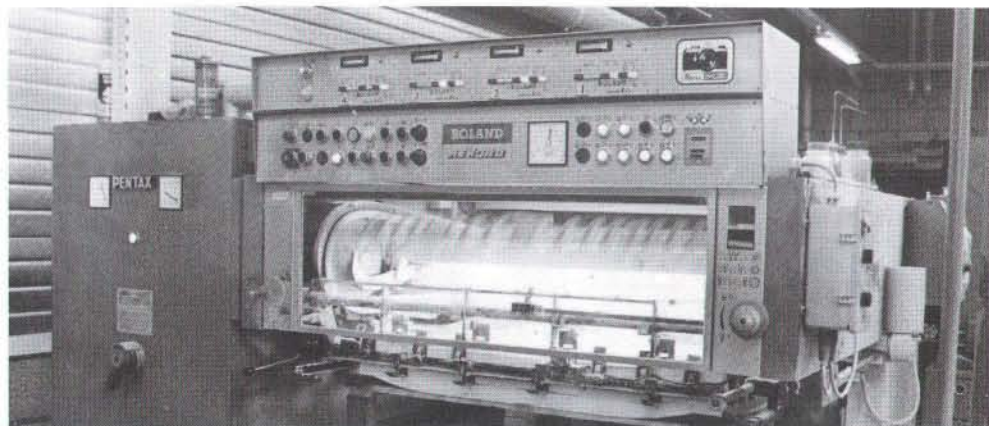


soort groen gaat lijken, zal duidelijk zijn van hoe groot belang het is dat geprobeerd wordt al de genoemde variabelen zoveel mogelijk binnen strakke grenzen te houden.

Persen worden daartoe uitgerust met computergestuurde installaties, waarmee het mogelijk is de inktgeving op de machine voortdurend te meten en te toetsen aan de norm van waaruit gewerkt wordt. De resultaten van die metingen kunnen door de drukker onmiddellijk worden omgezet in variaties in de inktgeving. Er bestaan zelfs al installaties waarmee dat geheel automatisch gebeurt. Zodra een meting op een drukvel afwijkt van de ingestelde

Rechts: Bij moderne rollenoffsetinstallaties, zoals deze krantendrukmachine bij de NRC in Rotterdam, is steeds vaker sprake van afstandsbediening. De persen zijn vanwege de geluidshinder afgeschermd van de bedieningspanelen door een plexiglazen wand. Het bedienend personeel kan dan meestal 'buiten' blijven.

Onder: Een vellenpers kan, met behulp van het hier afgebeelde bedieningspaneel, 'op afstand' bediend worden. Druk-aan en -afstelling, register, snelheid kunnen zo geregeld worden. Met behulp van computergestuurde inktgeving is het mogelijk gebleken de insteltijden van de persen drastisch terug te brengen en het verlies aan papier bij het instellen (inschiet) te reduceren. In het verlichte gedeelte komen de gedrukte vellen te liggen.



norm, gaat er een signaal van de computer naar de inktbak en wordt met behulp van een servomotortje (waarvan er honderden de inktbak regelen) de hoeveelheid inkt die aan de plaat wordt toegevoerd, bijgesteld.

Door op de plaat, of op een proefpers, de densiteiten van de verschillende kleuren te meten en de meetresultaten via de computer te laten omzetten in instellingen van de inktbakken, kan de drukker veel sneller met drukken beginnen, dan in de tijd toen dat nog allemaal met de hand moest gebeuren.

Voor het verrichten van de densiteitsmetingen worden in de drukvorm speciale controlestrips opgenomen, die worden megedrukt en waarin elementen zijn aangebracht aan de hand waarvan variaties snel en afdoende kunnen worden vastgesteld (zie ook intermezzo I).

Register

Een tweede zeer belangrijke factor die de kwaliteit van een kleurenafdruk bepaalt is het 'register'. De vier deelkleuren waaruit een rasterafbeelding is opgebouwd, moeten met grote nauwkeurigheid op elkaar gedrukt worden. De beeldinformatie die via film en plaat op het papier wordt aangebracht heeft immers steeds betrekking op fragmenten van de afbeelding *ter grootte van een rasterpunt* (zo'n 0,1 mm). Afwijkingen bij het over elkaar drukken hiervan leiden tot onscherpte en tot verschuivingen in de toonweergave.

Het voornaamste hulpmiddel voor het precies op elkaar drukken van de vier platen, zijn de paskruisen; een aantal kruisjes van heel dunne lijntjes, die bij een goed registeren van



de druk precies op elkaar vallen. Voor het registreren van de druk zijn de persen uitgerust met elektronische ogen, die een afwijking in het register onmiddellijk waarnemen en omzetten in een bijsturing van de papierbaan en de papierbaanspanning, waardoor de afwijking onmiddellijk wordt opgeheven. Hoe belangrijk dit is wordt duidelijk, wanneer men zich realiseert dat een op topsnelheid draaiende rollenoffsetinstallatie per seconde meer dan tien exemplaren uitbraakt. Een minuut 'inschiet' draaien kost dus honderden guldens (duizenden F). In de praktijk komt het er, met de moderne elektronisch gestuurde drukinstallaties, op neer dat de inschiet tot onder de tien procent kan worden teruggebracht (dit is natuurlijk weer afhankelijk van de oplaag en de soort druk).

Controle op het eindproduct

Tenslotte wordt in de drukkerij van elektronische hulpmiddelen gebruik gemaakt om het eindresultaat te controleren. De vellen of katerns die de pers verlaten worden met behulp van een elektronisch oog stuk voor stuk 'nagekeken'. Het kan gebeuren dat een vel door een hapering onbedrukt blijft en dus blanco de pers verlaat. Het kan ook voorkomen dat een vel scheef komt te liggen. Omdat ook het verdere verwerkingsproces in hoge mate geautomatiseerd is, zou zo'n blanco of scheefbedrukt vel in een boek of tijdschrift terecht kunnen komen, dat daardoor waardeloos wordt. Met de elektronische detectie-apparatuur op de 'uitleg' van de pers wordt dat voorkomen; een 'fout' vel wordt gemarkeerd of uitgestoten.

De proefdruk Een communicatieprobleem in de grafische industrie

Zoals al is aangeduid vormt de communicatie tussen enerzijds de voorbereidende afdelingen of bedrijven (die de drukvormen maken) en anderzijds de drukkerijen (die van die drukvormen drukken) een van de grootste problemen in de hedendaagse grafische industrie. Tot voor kort was het te doen gebruikelijk dat bijvoorbeeld het lithobedrijf de drukwerkkant en de drukker een compleet stel proeven leverde. Daartoe moet het lithobedrijf van de deelfilms offsetplaten kopiëren die vervolgens op speciale proefpersen worden afgedrukt en zo een 'voorspelling' moeten geven van het te verwachten eindresultaat.

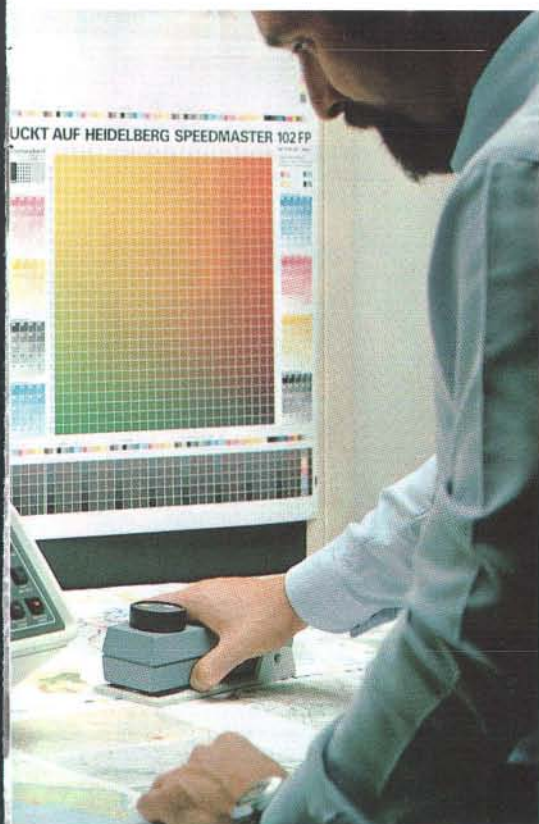
Een levensgroot probleem dat zich daarbij van oudsher voordoet is dat deze manier van proeven maken dikwijls leidt tot teleurstellingen en frustraties. De proefpersen waarop de proeven gedrukt worden zijn niet gebouwd op snelheid (er wordt immers nooit een 'oplaag' mee gedrukt, altijd alleen maar een klein aantal proefdrukken) en allerlei afwijkingen die bij het draaien op een snellopende produktiemachine optreden komen op de proefpers niet voor. Heel dikwijls kwam (en komt) het dan ook voor dat de proef van het lithobedrijf er veel beter uitziet dan de oplaagdruk met alle gevolgen vandien voor de relatie tussen drukker en klant en lithobedrijf.

Een oplossing die sommige lithobedrijven hebben gevonden is dat zij hun proeven drukken op 'echte' persen, op produktiemachines. Maar dat is wel een kostbare oplossing, want die machines zijn duur, omdat ze dikwijls vooral op snelheid gebouwd worden. Een tweede oplossing is het gebruik van controlestrips die in de gehele productie 'meelopen' (dus van de fotografie tot en met het drukken) en waarmee de lithovervaardiger kan communiceren met de drukker. Die controlestrips dienen onder meer om de drukker precies aan te geven hoe bijv. zijn inktvoering of persafstelling moet zijn om tot een zelfde resultaat te komen als de proefdruk.



Met een draagbare densitometer worden de densiteiten (dichtheden) gemeten van de bij het drukken opgebrachte inktlagen. Op de achtergrond is een afdruk zichtbaar van een speciale testvorm voor het met grote nauwkeurigheid vaststellen van de toleranties waarmee van bedrijf tot bedrijf wordt gewerkt. Onderaan deze pagina is de Brunner-strip afgedrukt, die gebruikt wordt om de kwaliteit constant te houden en af te stellen op de eisen van de gebruikte litho's. Deze strips zijn ook op de foto boven te zien.





Door terugkoppeling van de informatie van de drukker over de haalbaarheid en de toleranties waarmee hij werken moet naar de litholeverancier, kan deze laatste zijn proeven zó maken dat die ook op de produktiemachine kunnen worden 'nagebootst'. Hij bouwt dus als het ware bij het proefdrukken al meteen de afwijkingen in die op de produktiemachine zullen gaan optreden. Het

eindresultaat wordt zo precies zoals het bedoeld was door de opdrachtgever.

Een derde mogelijkheid die meteen het kostbare en tijdrovende maken van een proefdruk via de weg van proefplaten maken en afdrukken op de proefpers overbodig maakt is de vervaardiging van fotografische proeven. Daarbij worden van de deelfilms langs fotografische weg rechtstreeks 'afdrukken' op speciale materialen gemaakt waarbij gebruik wordt gemaakt van 'toners' of folies die zijn vervaardigd op basis van dezelfde kleurstoffen die in de drukinkt worden toegepast. Dank zij het feit dat die kleurstoffen in een 'Europaschaal' zijn gestandaardiseerd, kunnen op die manier, zonder dat eerst platen gemaakt behoeven te worden, proeven worden gemaakt die redelijk het uiteindelijke resultaat op de produktiepers benaderen.

Zeker in die gevallen waar slechts één proefdruk verlangd wordt, blijkt dit systeem een goede oplossing te bieden. Alleen komt het vaak voor dat er meer dan één (soms zelfs wel tientallen) proeven gevraagd worden. Bijvoorbeeld door een reclamebureau dat een aantal mensen in eigen huis en de cliënt een proef wil kunnen voorleggen. In die gevallen is de fotografische proef te kostbaar, omdat de materialen die ervoor gebruikt worden, duur zijn en één proef maken ongeveer 20 tot 30 minuten kost.

Een zeer moderne, maar in de praktijk eigenlijk nog alleen maar 'intern' in de lithobedrijven toegepaste oplossing is de elektronische proef. De elektronische informatie over een kleurenfoto die in het scanner- en elektronische beeldopmaakstelsel aanwezig is, wordt zichtbaar gemaakt op een beeldscherm met een zeer hoog 'oplossend vermogen' en een bijzonder natuurgetrouwe kleurweergave. Op het scherm krijgt men zo het plaatje te zien dat uiteindelijk in de druk verwacht mag worden, rekening houdend met alle variabelen waarvan in het gehele proces sprake is.

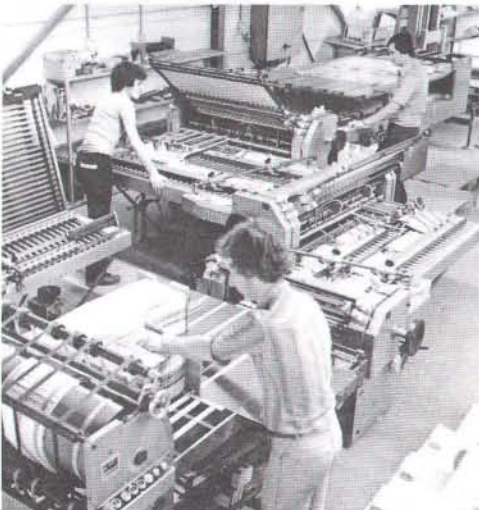


Droogprobleem

Een gebied apart in de problematiek van de drukkerij is de droging van de inkt op het bedrukte vel. Met name bij vierkleurendruk die plaatsvindt op soms zeer sneldraaiende machines wordt in een tijdspanne van enkele seconden een aanzienlijke hoeveelheid inkt op het papier aangebracht. Die inkt moet in principe zijn 'weggeslagen' in het papier of zijn gedroogd, voordat het papier, bijvoorbeeld in de vouwinstallatie van de rollendrukkers, verder verwerkt wordt. Zou de inkt in dat stadium nog nat zijn, dan zou beschadiging van de druk in de vorm van vegen kunnen optreden, of de inkt van het ene vel zou aan het volgende vel kunnen hechten; de drukker noemt dat overzetten.

In toenemende mate maakte de grafische industrie daarom gebruik van stralers, die door warmte-opwekking of op andere wijze de inkt onmiddellijk doen 'drogen'. Goede resultaten

Onder: Een beeld uit het grafische afwerkingsbedrijf, waarvan op de volgende pagina's van dit artikel sprake is: het vouwen. Het papier wordt met behulp van een zgn. rondstapelinleg (links op de voorgrond) in de machine ingevoerd en in een aantal haaks op elkaar geplaatste vouweenheden 'kruisslaggevouwen' (om en om). Bij bijv. een folder staan deze eenheden evenwijdig.



Elektrostatisch drukken

Laserstraalprinters en inkjet

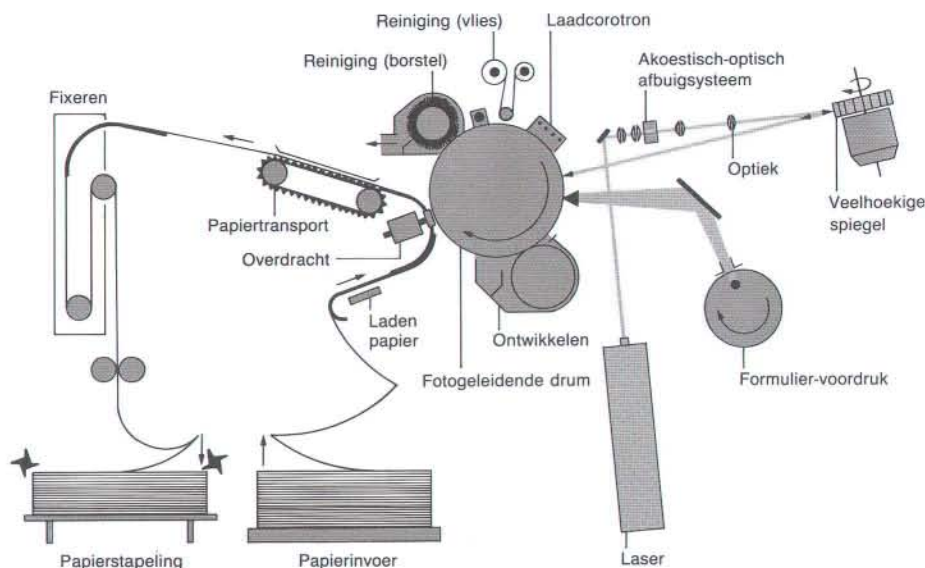
Behalve door het via een van de beschreven procédés aanbrengen van inkt op papier, zijn er de laatste jaren alternatieve methoden tot ontwikkeling gekomen. Deze worden voor speciale doeleinden toegepast, maar om technische, kwalitatieve en vooral ook economische redenen zijn zij vooralsnog niet voor gebruik bij de productie van drukwerk in de ruimste zin van het woord geschikt gebleken.

Zo maken veel moderne kopieersystemen gebruik van elektrostatische hulpmiddelen om een beeld op papier te krijgen. Het beeld wordt als elektrostatische lading latent op het papier aangebracht, waarna kleurstof (in poedervorm of in vloeibare vorm) op het papier wordt gebracht en zich alleen hecht op de van lading voorziene gedeelten.

De jongste ontwikkeling op dit gebied is de laserstraalprinter, die het mogelijk maakt informatie, bijvoorbeeld uit het geheugen van een computer, rechtstreeks om te zetten in zo'n latent elektrostatisch beeld en aldus op papier over te brengen. Met dergelijke apparatuur is het mogelijk in fracties van een seconde informatie grafisch te ordenen (te 'zetten' als het ware) en op papier over te brengen (zie de tekening hiernaast).

worden bereikt met infraroodstralers, die een grote warmte-ontwikkeling op het vel geven. Maar ook wordt gebruik gemaakt van ultravioletralers, in combinatie met speciale, zogenaamde fotopolymere inkten. Deze inkten zijn gemaakt op basis van stoffen, die onder invloed van ultraviolet licht fotopolymeriseren, dat wil in dit geval zeggen verharden en dus in één keer droog zijn.

Omdat aan beide vormen van bestraling bezwaren kleven, wordt met name op grote rollenoffsetinstallaties voor vierkleurendruk ook wel gebruik gemaakt van enorme gasovens. De bedrukte papierbaan loopt daarin dwars door een rij gasvlammen die voor droging van de inkt zorgen. Vervolgens moeten koelwalsen dan weer zorgen voor het afkoelen van de papierbaan.



Het werkingsprincipe van een laserstraalprinter. Een van een halfgeleidende, fotogevoelige laag voorziene trommel wordt door de laadcorotron positief geladen. De door een spiegelsysteem afgebogen laser brengt, door het plaatselijk ontladen van de trommel, in uiterst fijne puntjes het latente beeld daarop aan. Bij het ontwikkelstation nemen alleen de door de laser ontladen gedeelten de po-

sitief geladen toner aan. Het aldus tot stand gebrachte drukbeeld wordt in het afdrukstation overgedragen op het negatief geladen papier en daarna door middel van hitte en druk gefixeerd. Na het drukken wordt de halfgeleiderlaag op de trommel onmiddellijk weer ontladen door middel van een lichtbron. Zo wordt pagina voor pagina steeds opnieuw 'opgeroepen' en afgedrukt.

In de diepdruk en in een 'zijgebied' van de hoogdruk, de zogenaamde flexodruk, wordt van zeer vluchtige inktten (bijv. met alcohol als oplosmiddel) gebruik gemaakt, om droogproblemen zoveel mogelijk te voorkomen. De pigmenten worden in dit geval in sterk verdunde vorm op het papier gebracht.

Een gebied apart wat betreft de droging van de inkt vormt de zeefdruk. Omdat de dikte van de inktlagen die hierbij worden opgebracht een veelvoud is van die van de andere zijn ook de droogproblemen navenant groter. Veel zeefdruk machines zijn daarom voorzien van lange droogtunnels, waar de vellen na het drukken doorheen gevoerd worden. Ook worden wel om ruimte te besparen draaibare rekken gebruikt, waar de vellen op uitgelegd worden en ronddraaien totdat ze droog zijn.

Na het drukken

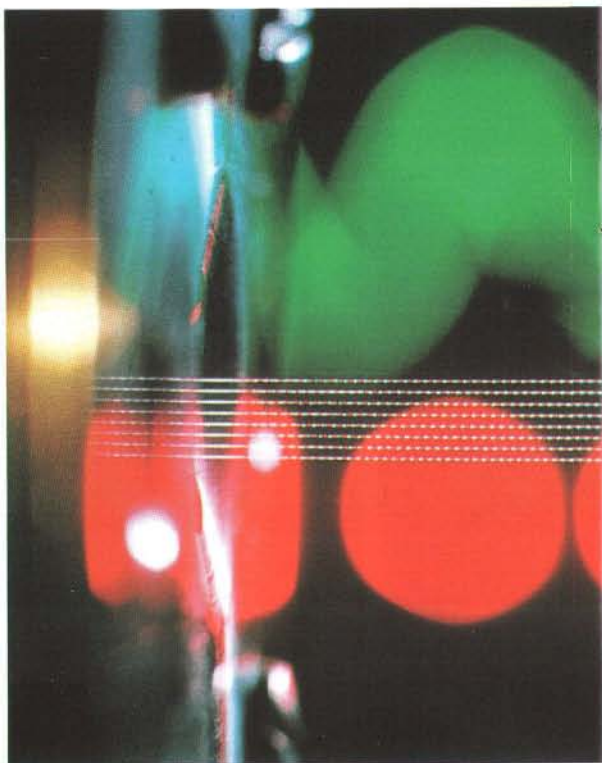
Een belangrijk onderdeel van de grafische industrie dat nogal eens over het hoofd wordt gezien is de afwerking. Onder die verzamelaar naam wordt het totaal van bewerkingen verstaan, dat de bedrukte vellen nog moeten ondergaan wanneer ze van de pers komen. Van de losse vellen van een boek of tijdschrift moet immers nog een eindprodukt gemaakt worden. Dat betekent vouwen, hechten, naaien, in de band zetten, van omslagen voorzien, plastificeren of vernissen, maar ook verpakken en expedieren.

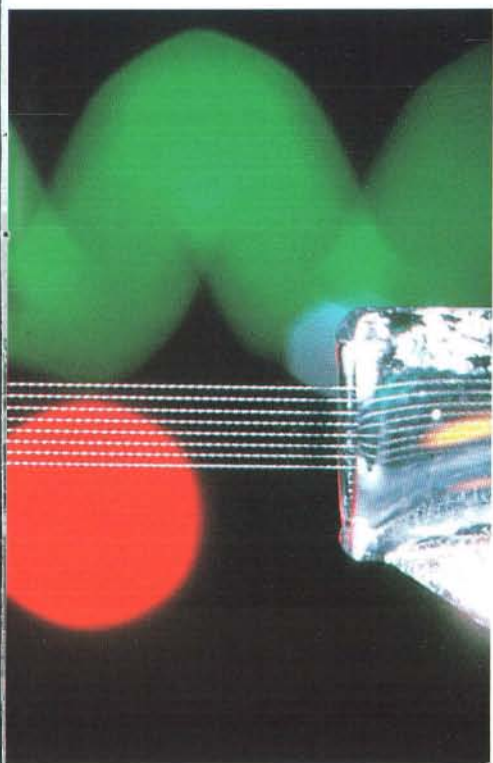
Wat vroeger de boekbinderij heette is heden ten dage het grafische afwerkingsbedrijf en ook daar is de mechanisering of zelfs de vrijwel volledige automatisering ver doorgedron-

Inkjet printing is een systeem waarbij inkt via een systeem van uiterst fijne kanaaltjes, ook weer computergestuurd, op het papier wordt gespoten en zo een beeld vormt uit microscopisch kleine puntjes. Inkjet printing wordt tot dusver vooral gebruikt voor het aanbrengen van adressen, rechtstreeks vanuit een informatieverwerkend systeem op te verzenden tijdschriften en ander drukwerk.

Geen van de genoemde systemen is tot nu toe geschikt gebleken voor het vervaardigen van hoogwaardig drukwerk in kleuren en het ziet er ook niet naar uit dat daar spoedig verandering in zal komen. Met name in economische zin is voor dat doel het gebruik van een drukpers voorhands nog de aangewezen oplossing.

Het fascinerende plaatje rechts heeft betrekking op een recente ontwikkeling in de inkjet-technologie, namelijk zogenaamde 'synchronous inkjets'. Hierbij is sprake van een continue toestroming van de uiterst fijne inktdruppels, waarbij de beeldvorming plaatsvindt doordat de inktdruppels worden 'weggevangen' op die plaatsen waar geen beeld moet komen. Deze technologie heeft o.a. toepassing gevonden in een printer die computeroutput in leesbaar beeld omzet.





gen. Bij die mechanisering en automatisering spelen alweer elektronische hulpmiddelen een voorname rol. Er bestaan tijdschriftenafwerkstraten die onder toezicht van elektronische ogen gevouwen katerns in razendsnel tempo op elkaar leggen, aan elkaar nieten, of via de zogenaamde 'garenloosbindmethode' als het ware aan elkaar 'lijmen', vervolgens keurig 'schoonsnijden', van een adresetiket voorzien en in krimpfolie verpakken.

In een moderne tijdschriften'fabriek' zijn er dan ook nog enorme geautomatiseerde sorteerstraten, waar stapels tijdschriften computergestuurd naar de juiste vrachtauto's gedirigeerd, afgeteld en in stapels van de juiste aantallen onderverdeeld worden. Ook krantenbedrijven maken gebruik van zulke geheel geautomatiseerde expeditie-systemen die een gigantische hoeveelheid handwerk overbodig hebben gemaakt en die het mogelijk maken dat de productie van een krantenpers (soms

Hieronder een serie beelden in een modern grafisch afwerkingsbedrijf. Van links naar rechts: een deel van een hechtstraat, waar de katern in elkaar geniet worden; een overzicht van zo'n hechtstraat (achtergrond); een blik in de expeditie van een afwerkingsbedrijf. In keurige, kaarsrechte stapels verlaat het boek, tijdschrift of ander grafisch produkt op pallets het bedrijf.



wel 80 000 tot 100 000 kranten per uur, als in meervoudige produktie wordt gedraaid) probleemloos naar de vrachtauto's worden gevoerd, vrijwel zonder dat er een mensenhand aan te pas komt. Het is niet overdreven te stellen dat bij het gebruik van zulke installaties elke krant binnen enkele minuten na het gereedkomen onderweg is naar de abonnee. Pikant detail is natuurlijk dat de allerlaatste fase, de bezorging, het oude ambacht van de krantenbezorger, nauwelijks veranderd is. Nog altijd moet hij door weer en wind stad en land aflopen om de lezer zijn onmisbare krantje te brengen.

Een voorbeeld: de technische ontwikkelingen in de krantensector. In de eerste plaats hebben de kranten uiteraard een deel van hun functie moeten afstaan aan radio en televisie. De nieuwsvoorziening is minder centraal komen te staan, maar dat is veelal ten gunste gekomen van andere elementen, zoals achtergrondinformatie. Ernstiger is dat de economische mogelijkheden van de dagbladen (en trouwens ook van andere produkten van de pers, denk aan tijdschriften, reklamedrukwerk, enz.) zijn afgenomen, doordat een belangrijk deel van de budgetten van adverteerders naar de nieuwe media is gegaan.



Toekomstbeeld

Het zal duidelijk zijn dat de grafische industrie in tal van opzichten de elektronica, maar ook andere technische innovaties met enthousiasme in huis heeft gehaald: ter besparing van, soms afstompende, arbeid, maar ook ter verbetering van de procesbeheersing en de kwaliteit van het eindprodukt. Boeken en tijdschriften zouden onbetaalbaar zijn, wanneer al die moderne middelen niet te hulp waren geroepen. En het drukken van miljoenen kranten zou veel te veel tijd vergen om het produkt nog actueel te doen zijn.

Het boeiende is dat tegelijkertijd de elektronische communicatiemiddelen een rechtstreekse bedreiging vormt voor sommige onderdelen van de grafische industrie.

Maar op langere termijn zou het drukken van kranten wel eens helemaal kunnen gaan verdwijnen, als uitvloeisel van de ontwikkelingen in de krantensector zelf. Zo neemt het Japanse dagblad Asahi Shimbun al geruime tijd proeven met een combinatie van TV en kopieerapparaat, die het mogelijk maakt dat iedere abonnee als het ware thuis 'drukt'. Pagina voor pagina wordt via het televisiescherm naar de lezers verstuurd en daar, door een aan de TV gekoppeld kopieerapparaat, op papier overgebracht. De moeilijkste fase in de gehele keten, de bezorging, heeft daarmee een wel zéér radicale oplossing gevonden.

Toch is het de vraag in hoeverre dit soort oplossingen economisch verantwoord en voor de consument aantrekkelijk zal zijn. Op dit moment ziet het er zeker nog niet naar uit dat

Linksonder: Elkaar aanvullen of beconcurreren: beide mogelijkheden zijn volop aanwezig in het gecompliceerde raakvlak van de gedrukte en de elektronische media. Hier de krant op de beeldbuis bij Viewdata. Duidelijk is, dat er veel meer 'actief kiezen' van de lezer gevraagd wordt, dan wanneer hij zijn krantje gewoon in de bus krijgt.

Onder: Dit soort apparaten kan een deel van het thans bestaande drukwerk overbodig maken; het gaat hier om de beeldschermen, die de Franse PTT op grote schaal bij telefoonabonnees wil plaatsen, om zo het telefoonboek te vervangen door een elektronisch datasysteem.



op een kortere termijn dan tien, vijftien jaar dergelijke nieuwe systemen op grote schaal toegepast zullen gaan worden.

Ook de sombere voorspellingen die enkele jaren geleden te horen waren over de toekomst van het gedrukte papier als informatiedrager worden gaandeweg gelogenstraft. Het blijkt steeds weer dat vergroting van het informatie-aanbod via de elektronische media (denk aan verschijnselen als Teleac, Schoolradio en -televisie, Open School, enz.) onveranderlijk tevens leidt tot behoefte aan méér drukwerk, dat dus deze media weer aanvult.

Niettemin zijn er sectoren in de grafische industrie die gevoelige klappen hebben gekregen als gevolg van overgang op elektronische informatiesystemen. Veel formulieren zijn afgeschaft, omdat de informatie-uitwisseling waar-

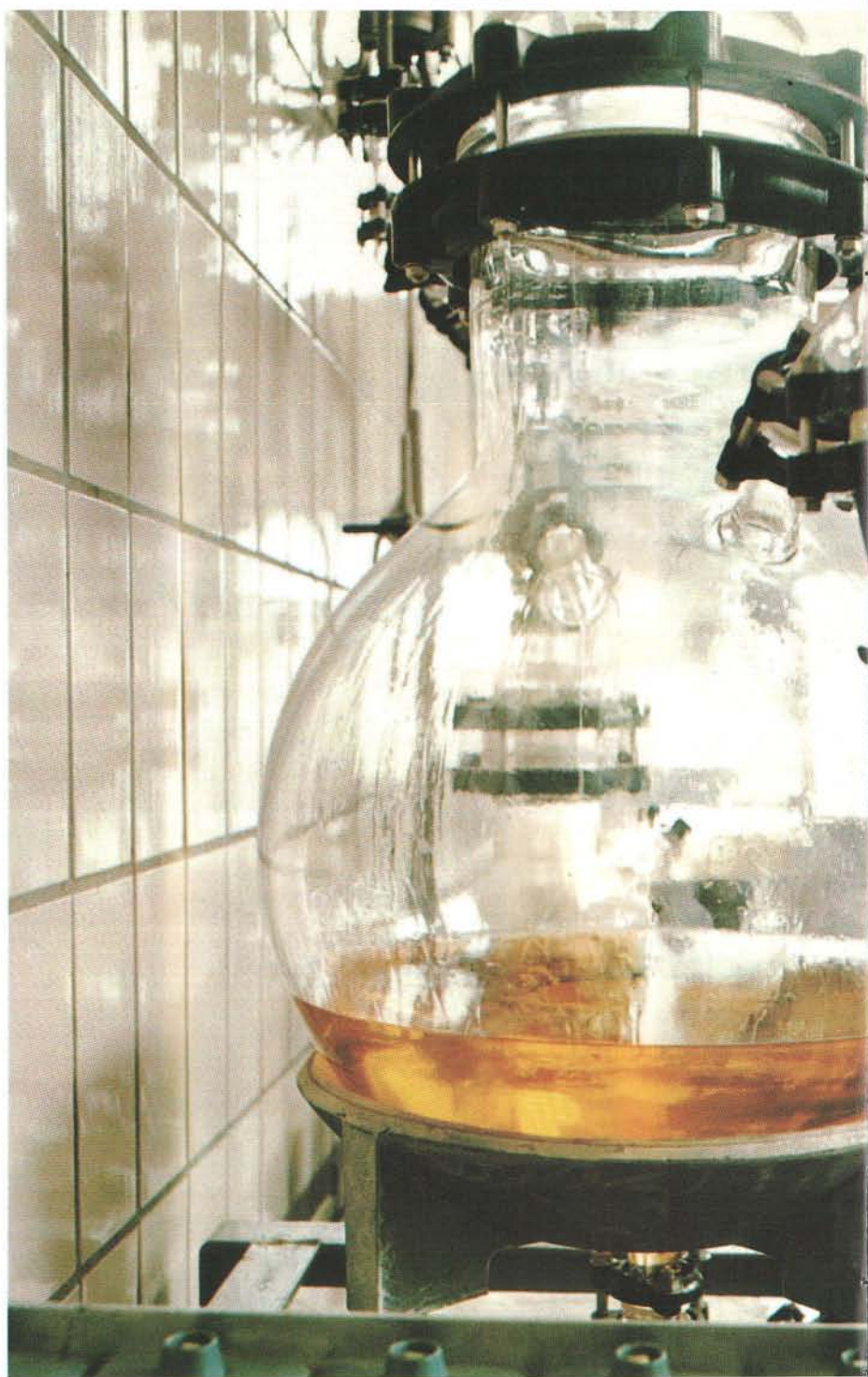
voor ze gebruikt worden via beeldschermen plaatsvindt. Systematisch drukwerk, zoals encyclopedieën, onderdelencatalogussen, naslagwerken zijn of worden vervangen door databanken. De Franse PTT experimenteert met een elektronisch systeem dat met beeldschermen werkt om de telefoongidsen te vervangen.

Zo is er sprake van een voortdurende wisselwerking tussen het gedrukte produkt en de 'nieuwe' media, waarbij beide enerzijds elkaars 'concurrenten' zijn en waarbij ze anderzijds profiteren van elkaars unieke mogelijkheden. Vandaar dat van overheidswege al jarenlang gewerkt wordt aan wat 'een samenhangend mediabeleid' wordt genoemd. Het streven dient er vanzelfsprekend op gericht te zijn de stroom van informatie, maar ook de bevrediging van de behoefte aan ontspanning, de vraag naar aantrekkelijke verpakking van produkten, enz. op een voor de samenleving zo adequaat mogelijke wijze te doen plaatsvinden. Vooralsnog lijkt het waarschijnlijk — en serieuze onderzoeken van mediadeskundigen en futurologen bevestigen het — dat het gedrukte woord daarbij de komende tientallen jaren een zeer voorname rol zal blijven spelen. Wat niet weg neemt dat de grafische industrie mede onder druk van de 'concurrentie' van de andere media zal moeten voortgaan op de weg naar zo groot mogelijke efficiency en kwaliteitsverbetering. En daarbij kan ze het niet stellen zonder de elektronica.

Bronvermelding illustraties

Koninklijke Tijl NV, Zwolle: pag. 432-433, 436.
 Valkenburg Offset, Echt: pag. 434 onder.
 Smeets Offset, Weert: pag. 434-435.
 Arje Plas (fotograaf), Amsterdam/Tetterode Nederland bv, Amsterdam: pag. 436-437, 440-441, 442.
 J.A.B. Verduijn, Vroenhoven (m.m.v. Valkenburg Offset, Echt): pag. 438.
 WIFAC bv, Mijdrecht: pag. 439.
 Siemens AG, München: pag. 443.
 IBM, Research Div., Thomas J. Watson Research Center, Yorktown Heights, N.Y., USA: pag. 444-445 boven.
 De Wit Binders, Eindhoven: pag. 444-445 onder.
 ANP-foto, Amsterdam: pag. 446.
 Philips Persdienst, Eindhoven: pag. 447.

MACROMOLECULEN IN DE INDUSTRIE





E.J. Goethals

*Laboratorium voor Polymeerchemie
Rijksuniversiteit Gent*

De techniek achter de stof

De belangrijkste toepassingen van synthetische macromoleculen zijn te vinden in de massaproductie van dagelijkse gebruiksvoorwerpen in de vorm van plastics, kunstvezels, synthetische rubbers, enz. Daarnaast worden polymeren ook gebruikt voor een reeks zeer gespecialiseerde toepassingen in uiteenlopende gebieden zoals geneeskunde, computertechnologie, speciale verven en vernissen, enz. Meestal gaat het hier om speciale polymeerstructuren waarvan de synthese en het gebruik een hoge wetenschappelijke en technologische kennis vereisen. Enkele voorbeelden van zowel 'bulk-polymeren' als 'polymeren op maat' worden in dit artikel besproken.

In de industrie wordt op een heel andere schaal gewerkt dan in het laboratorium. Normaal is van het hele proces nog weinig te zien, omdat alles in metalen ketels, vaten en leidingen gebeurt. Soms gebruikt men echter een opgeschaalde versie van het klassieke laboratoriumglaswerk zoals deze destillatiekolf bij de kunstharerbereiding. Glas is zelf ook een (natuurlijke) macromolecule; de verwerkingstechnieken voor glas lijken dan ook wel wat op die voor de 'klassieke' polymeren.

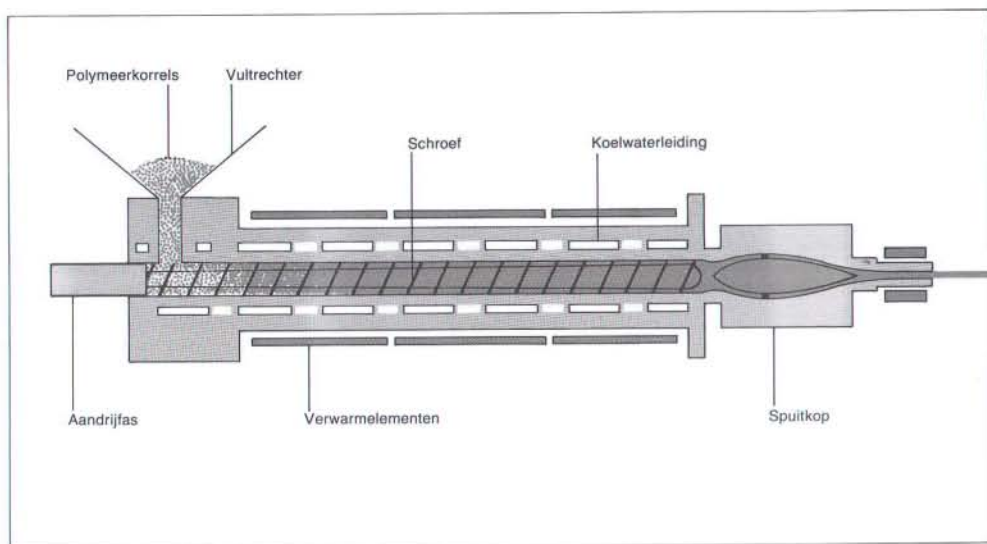
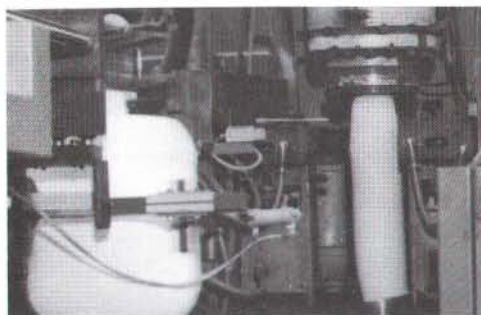
Verwerking van polymeren

Wanneer de polymerisatie voltooid is verlaat een polymeer de fabriek, meestal in de vorm van korrels van enkele mm diameter. In die vorm komt het terecht bij een andere, meestal kleinere, industriële onderneming die uit het korrelvormig materiaal voorwerpen zal vervaardigen die als zodanig of als onderdeel van een gecompliceerd geheel toepassing zullen vinden. Deze omzetting van korrel naar gebruiksvoorwerp steunt steeds op het principe dat het materiaal door verwarmen plastisch (m.a.w. gemakkelijk vervormbaar) kan gemaakt worden en aldus in de gewenste vorm kan gebracht worden, waarna door afkoelen of door een vernettingsreactie de massa vast wordt in die gewenste vorm.

In het geval van vast worden door afkoeling spreekt men van *thermoplasten*; in het geval van vernetting spreekt men van *thermoharders*. Bij thermoplasten gaat men door afkoelen van de vloeibare naar de vaste toestand. Een gevormd voorwerp kan dus, indien nodig, opnieuw gesmolten worden. Bij thermohar-

ders is het anders. Hier wordt het polymeer, eens in de gewenste vorm, door verder verwarmen via een chemische reactie omgezet in een vast, onsmeltbaar materiaal. Dit materiaal kan niet meer plastisch gemaakt worden en kan dus niet meer opnieuw gebruikt worden.

Er zijn veel methoden om het korrelvormig polymeer in een bepaalde vorm om te zetten, maar er zijn er twee die zeer belangrijk zijn: *extruderen* en *sputgieten*. Op deze twee technieken willen we wat dieper ingaan.



Boven: Fig. 1. In de extruder worden de polymeerkorrels naar de spuitkop gebracht door een archimedes-schroef. Door de gangdiepte of de spoed van de schroef naar de spuitkop toe te reduceren kan men het smeltende materiaal vrij van holten en blaasjes maken. De vorm van de spuitkop bepaalt de vorm van het eindprodukt.

Rechts en geheel boven: De productie van deze vaten begint met de extrusie van een buis (rechtsboven op de foto hiernaast, uitvergroot geheel boven). Daaromheen komt een vorm, waarin de 'worst' wordt opgeblazen tot een vat. Overtollig materiaal wordt boven en onder weggесneden en opnieuw gebruikt.

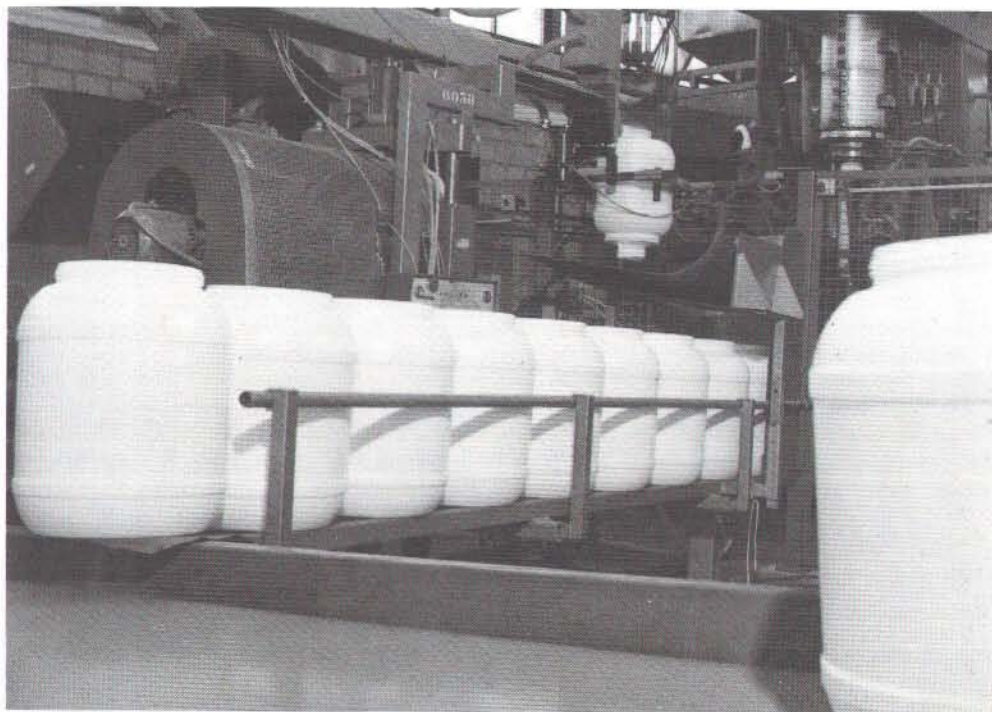
Extruderen

Met deze techniek wordt er in het gesmolten polymeer door middel van een archimedes-schroef door een opening geperst waarna het snel afgekoeld wordt om de vorm vast te leggen (zie fig. 1). Het is dus een continu proces. De vorm van het 'extrudaat' wordt bepaald door de geometrie van de opening waardoor de gesmolten massa geperst wordt. Is dit een langwerpige dunne sleuf, dan zal een film of een plaat ontstaan. Is de opening een fijn gaatje dan zal een vezel gevormd worden. (In de praktijk wordt dan een zgn. spinkop gebruikt die tientallen gaatjes bevat voor tientallen draden tegelijk.) Extruders die gelijkenis vertonen met de machines voor de bereiding van macaroni, worden gebruikt voor de produktie van buizen, met een diameter van enkele mm tot meer dan 1 m.

Voor het vervaardigen van dunne films (voor verpakking, landbouwtoepassingen, e.a.) wordt *blaasextrusie* gebruikt. Bij deze spectaculaire techniek wordt een buis van enkele dm diameter in opwaartse richting geëx-

trudeerd en deze buis wordt terwijl ze nog warm is met perslucht opgeblazen tot een cilindervormige film met een diameter van 3 tot 4 m. Deze cilinder wordt vlak gelegd, platgedrukt en opgerold. Na afsnijden van de buitenkanten (de vouwen) ontstaat een rol film.

Op die manier wordt de polyetheen film gemaakt die als verpakkingsmateriaal gebruikt wordt. Een merkwaardige eigenschap van dergelijke film is dat hij een 'geheugen' heeft. Bij het opblazen is de film zowel in de lengte als in de breedte uitgetrokken juist vóór het afkoelen. Men zegt dat de film bi-axiaal georiënteerd is. Indien zo'n film nu weer verwarmd wordt en daardoor in de rubberachtige toestand terecht komt, wil hij weer naar zijn oorspronkelijke vorm terug; m.a.w. hij krimpt. Deze eigenschap wordt benut in de verpakking van fruit, blikjes, flesjes en ander los materiaal, die door een dergelijke krimpfilm in pakjes van 6 of 12 samengehouden worden. Ook bakstenen worden nu met een krimpfilm in kubussen van ca. 1 m³ samen gehouden wat het vervoer vergemakkelijkt en breuk bij transport vermindert.



Spuitsieten

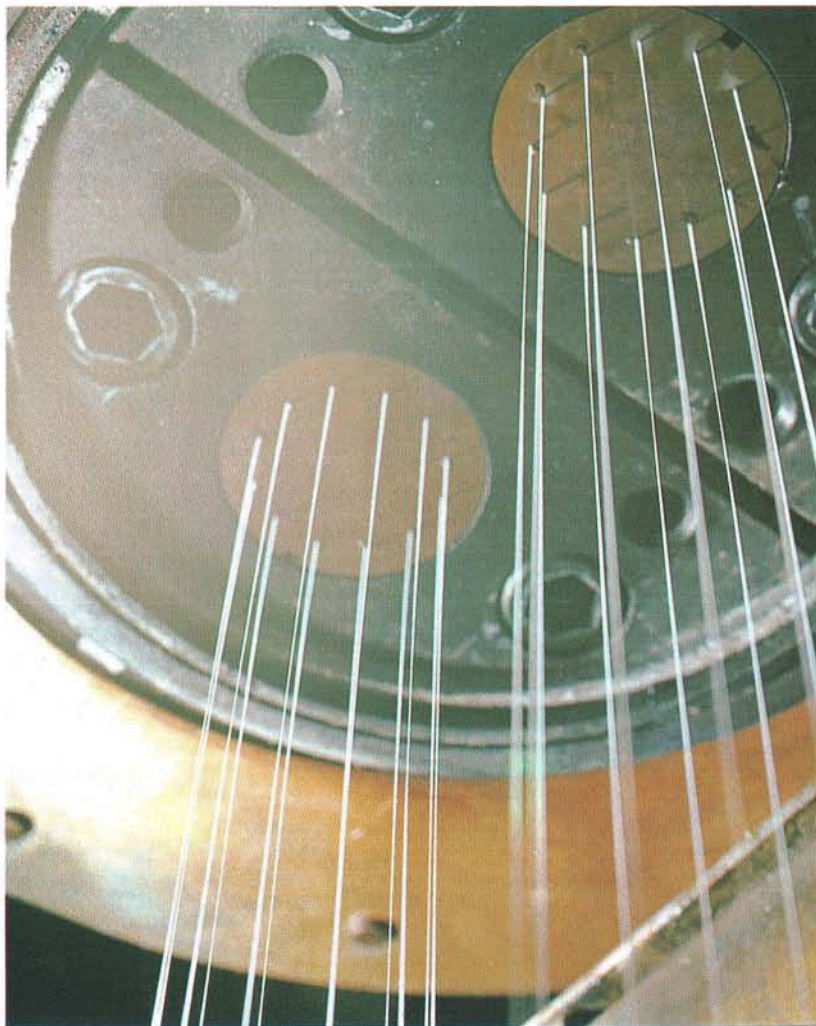
Vormgeving door gieten van een gesmolten materiaal in een vorm is een reeds zeer lang gekende techniek die nog steeds wordt toegepast voor materialen als brons en tin en voor het maken van kaarsen. Bij kunststoffen kan men deze eenvoudige giettechniek slechts toepassen als men van een vloeibaar monomeer (eventueel reeds vermengd met een deel polymeer) vertrekt en het in de vorm zelf laat polymeriseren. Dat is de manier waarop bootrompen of autokoetswerken uit polyester (meestal met glasvezel verstevigd) vervaardigd worden.



Linksboven en links: Bij spuitgieten wordt het polymeer in een matrijs gespoot. Om een betere verdeling van de stroperige smelt te verkrijgen, kan men de matrijs ook nog laten roteren, zoals bij het apparaat links. Men spreekt dan ook wel van rotatie(spuits)gieten. Bij thermoplasten moeten de matrijzen gekoeld worden, bij thermoharders verwarmd.

Boven: Bij blaasextrusie wordt een dunwandige buis met perslucht tot een veelvoud van zijn afmetingen opgeblazen. Men kan, naargelang de toepassing, folies maken die mono- of biaxiaal gerekt zijn en die dus bij gebruik als krimpfolie in één of twee richtingen zullen krimpen.

Rechtsboven: Een speciale variant van de spuitkop is de spinkop, met een groot aantal gaatjes. De vezels worden door een opwaartse luchtstroom afgekoeld en meteen opgespoeld. Tijdens het afkoelen worden ze gerokken, waardoor de moleculen zich min of meer evenwijdig gaan ordenen en de vezel sterker wordt.



Indien men de polymeren zelf wil gebruiken, is deze giettechniek niet geschikt omdat de viscositeit van een gesmolten polymeer dermate hoog is, dat het onmogelijk is de vormholte volledig op te vullen. Daarom wordt de vorm (de matrijs) onder druk met de gesmolten massa gevuld; het gesmolten polymeer wordt in de matrijs gespoten. De benodigde druk voor het inspuiten wordt opgebouwd ofwel door een plunjer ofwel door een archimedesschroef (zie fig. 2).

Als het polymeer een thermoplast is, moet de matrijs afgekoeld worden, zodat het materiaal stolt; als het een thermoharder is, moet

de matrijs warmer zijn dan de aanspuitinstallatie, want de vernetting mag natuurlijk alleen in de matrijs optreden en niet in de spuitkop. Voorwerpen vervaardigd door spuitgieten vertonen meestal nog een rest van het aanspuitkanaal, dit is de weg tussen de matrijs zelf en de aanspuitinstallatie, en kunnen hierdoor gemakkelijk herkend worden, vooral bij de goedkope producten.

Typische voorwerpen die door spuitgieten gemaakt worden zijn emmers, dashboards voor auto's, behuizing van huis-, tuin- en keukenapparaten, onderdelen van elektrische apparaten, toiletbrillen, telefoons, enz.

De 'bulkpolymeren'

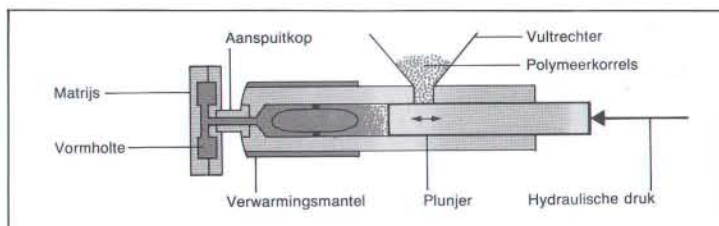
De wereldproductie van synthetische polymeren bedroeg in 1980 ongeveer 80 miljoen ton. Het belang van deze produktie komt meteen tot uiting als men dit cijfer plaatst naast de produktie van metalen zoals aluminium (20 miljoen ton) en koper (8 miljoen ton). De 'grote vier' van de kunststoffen zijn polyetheen, polyvinylchloride, polystyreen en polypropreen, die ongeveer tweederde van de totale produktie vertegenwoordigen. De fabricage van deze polymeren gebeurt in de regel in de onmiddellijke omgeving van een oliaffini-

die een bijzondere sterkte vertonen. Deze vinden toepassingen in de vliegtuig- en autoindustrie en voor het vervaardigen van sportartikelen (ski's, tennisrackets, enz.), waar de laatste jaren door deze composieten een sterke evolutie ingetreden is.

De 'specialiteitspolymeren'

Specialiteitspolymeren zijn polymeren die op kleine schaal geproduceerd worden, maar die een hoge kostprijs hebben en die een geavanceerde technologische kennis vereisen, zowel voor de produktie ervan als voor de toe-

Rechts: Fig. 2. Een spuitgiet-machine produceert geen voorwerpen per strekkende meter, zoals de extruder, maar per stuk. Daarom wordt de smelt discontinu, met een plunjer, naar de matrijs getransporteerd.



naderij omdat de uitgangsmaterialen in de petrochemische industrie gevormd worden.

De bulkpolymeren hebben een enorm aantal toepassingen zodat hier slechts enkele vermeld worden. In de bouwindustrie worden ze aangewend voor geprefabriceerde wanden, voor warmte-isulerende lagen (schuimen), kozijnen, deuren, dakgoten, vloerbedekking, sanitair, buizen, dakplaten, enz. In de elektrotechniek worden ze gebruikt voor behuizing van elektrische apparaten, schakelkasten, kabelisolatie, schakelaars, enz. In de transportsector worden kunststoffen gebruikt voor carrosserieën van auto's en vrachtwagens, caravans, zeilboten, containers, pallets, enz., terwijl de kunststrubbers gebruikt worden voor de banden. Een enorme verbruiker van kunststoffen is verder de verpakkingindustrie, met zakken, doosjes en folies.

De laatste jaren wordt veel aandacht besteed aan zgn. composietmaterialen. Dit zijn mengsels van een polymeer met een anorganische stof zoals glasvezels, kriet of talk. Sommige combinaties zoals bijv. epoxyharsen met glasvezel of koolstofvezel, leveren materialen op

TABEL Produktie van enkele kunststoffen (in 1000 ton)

Polymeer	Europa	USA	Wereld
Polyetheen	4.754	5.594	22.500
Polvinylchloride	3.252	2.551	14.700
Polypropreen	1.336	1.774	7.000
Polystyreen	1.458	1.653	7.500
Polyurethanen	980	787	—
ABS	310	441	1.980
Nylons	175	132	—
Acrylaten	123	256	—
Phenolharsen	—	667	—
Epoxyharsen	—	145	—
Verzadigde polyesters	—	561	—
Onverzadigde polyesters	565	452	160



passingen. Hier volgen enkele voorbeelden van dergelijke specialiteitspolymeren.

De medische wereld heeft dankbaar gebruik gemaakt van de nieuwe materialen, vooral voor prothesen. De mogelijkheid om materialen van de gewenste vorm en met de gewenste fysische eigenschappen (bijv. flexibiliteit) te maken door de juiste keuze van structurele eenheden, molecuulmassa en macrostructuur, maakt van synthetische polymeren de best geschikte grondstoffen voor prothesen. We denken niet alleen aan kunstledematen, maar ook aan het vervangen van organen of delen ervan door kunstmatige voorwerpen die min of meer

Links: Ook bulkpolymeren hebben soms 'speciale' toepassingen, zoals in deze wegwerpbeschermkleding van polyetheenvezels. Zij laat lucht door, maar houdt deeltjes tot 0,5 micrometer tegen.

Onder: De 'Gossamer Albatross', hier bij een proefvlucht, won in 1977 de al jaren uitstaande prijs van honderdduizend pond voor een vlucht over het Kanaal op mankracht. Ondanks de spanwijdte van 20 m weegt het tuig slechts 25 kg. Deze combinatie van extreme sterkte en lichtheid werd slechts mogelijk door recente polymeren, zoals Mylar polyesterfolie en Kevlar aramidevezels.



dezelfde functie blijven vervullen. Zo worden synthetische hartkleppen vervaardigd uit polyurethaan en synthetische slagaders uit polyester. Vrouwen die een borstamputatie ondergaan hebben kunnen nu een protheseborst uit siliconerubber krijgen.

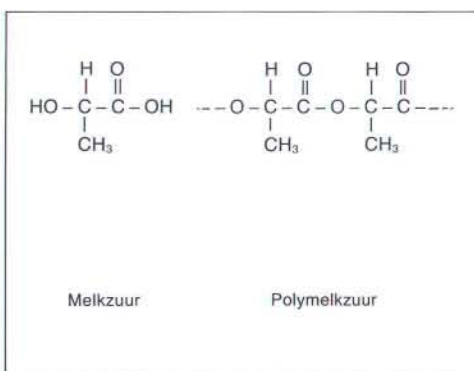
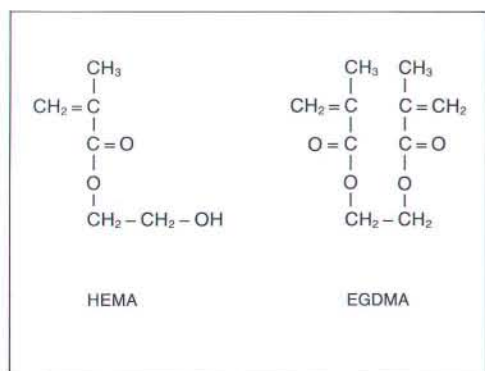
Een ander voorbeeld van toepassingsgerichte synthese van specialiteitspolymeren zien we bij de materialen die gebruikt worden voor het vervaardigen van zachte ooglenzen. Ooglenzen werden vroeger uit glas gemaakt. Dit had als nadeel dat het door vele gebruikers slecht verdragen werd. Er werd dan gezocht naar een materiaal dat goede optische eigenschappen heeft, dat enigszins vervormbaar is en dat hydrofiel is om goed verdragen te worden door het oog. Na lang onderzoek werd een materiaal gevonden dat aan deze vereisten voldoet. Dit materiaal is een copolymeer van hydroxyethyl methacrylaat (HEMA) met ethyleenglycol dimethacrylaat (EGDMA) (zie fig. 3). Het *homopolymeer* van HEMA is een hydrofiele wateroplosbare stof, wat uiteraard het gebruik ervan voor ooglenzen uitsluit. Door *copolymerisatie* met EGDMA echter, ontstaat een vernet polymeer dat nog wel hydrofiel is, doch niet meer oplosbaar.

Synthetische polymeren vinden ook talloze toepassingen in de chirurgie. Zo worden sinds enkele jaren chirurgische naaigarens gemaakt die bioresorbeerbaar zijn. Het materiaal waaruit ze vervaardigd zijn wordt dan door het organisme ontbonden en opgenomen. Een dergelijk polymeer is bijv. polymelkzuur, dat in het lichaam langzaam omgezet wordt tot melkzuur, een stof die gewoon in het lichaam voorkomt (zie fig. 4).



Het Jarvik-7 kunsthart (boven), dat Barney Clark in leven hield van 2 december 1982 tot 23 maart 1983, is bekleed met polyurethaan. De aanhechting aan de bloedvaten is van Dacron en het pompdiafragma van Hexsyn rubber. De pacemakers (rechts) zijn bekleed met polyurethaan.

Onder: De monomeren van contactlenzen (linksonder, fig. 3) en het materiaal voor bioresorbeerbare chirurgische garens (onder, fig. 4).





Conserveren en restaureren van kunstwerken

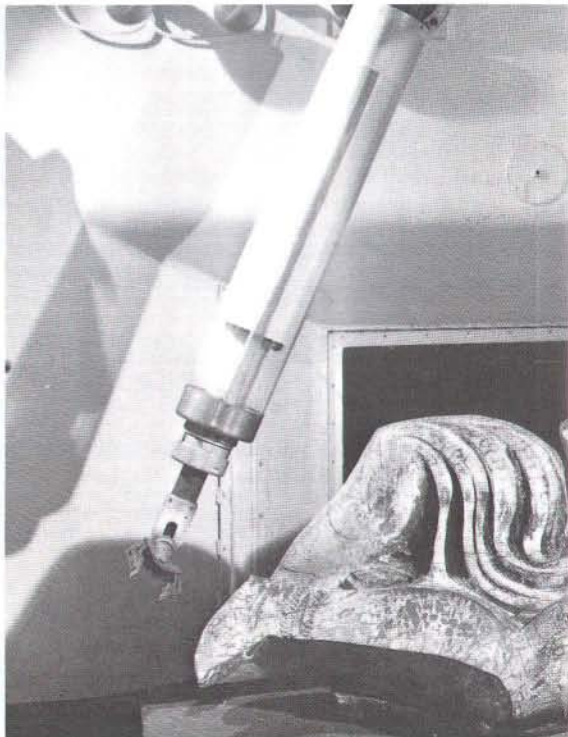
In de laatste decennia zijn enkele spectaculaire archeologische vondsten gedaan van schepen die eeuwen lang onder water gelegen hebben en die nu weer aan het oppervlak gehaald worden. Bekende voorbeelden zijn het Vikingschip in Roskilde (Denemarken), de Vasa, een oorlogsschip van 1300 ton dat in 1628 op haar 'maiden trip' voor de haven van Stockholm zonk en de onlangs gelichte Engelse 'Mary Rose', die hetzelfde overkwam. Eén van de problemen waarmee de archeologen geconfronteerd werden bij het conserveren van deze schepen was dat het hout in droge toestand spoedig tot een vormloos poeder overging. Dit probleem werd opgelost door het wa-

ter langzaam te vervangen door een (water-oplosbaar) polymeer dat aldus voldoende stevigheid aan de constructie gaf. Het gebruikte polymeer is poly-oxyethyleen, een produkt dat verkregen wordt door ringopeningspolymerisatie van ethyleenoxide (zie fig. 5).

Een analoge methode wordt toegepast voor het conserveren van houten of stenen voorwerpen die door ouderdom en atmosferische invloeden dreigen te desintegreren. Deze voorwerpen worden met een infuus verzadigd met een vloeibaar monomeer (bijv. methylmethacrylaat), dat daarna door temperatuursverhoging of door bestraling met energetische stralen tot een vast polymeer omgezet wordt. Dit geeft aan het voorwerp de nodige stevigheid om nog lange tijd te blijven bestaan.



Links en linksonder: De Vasa werd in 1961 bovengehaald en sindsdien gerestaureerd. Tijdens de 333 jaar onder water had het eikehout 1,5 maal zijn massa aan water opgenomen. Bij het uitdrogen zou dat enorm krimpen. Daarom werd het schip tot 1979 besproeid met poly-oxyethyleen dat de plaats van het water inneemt.

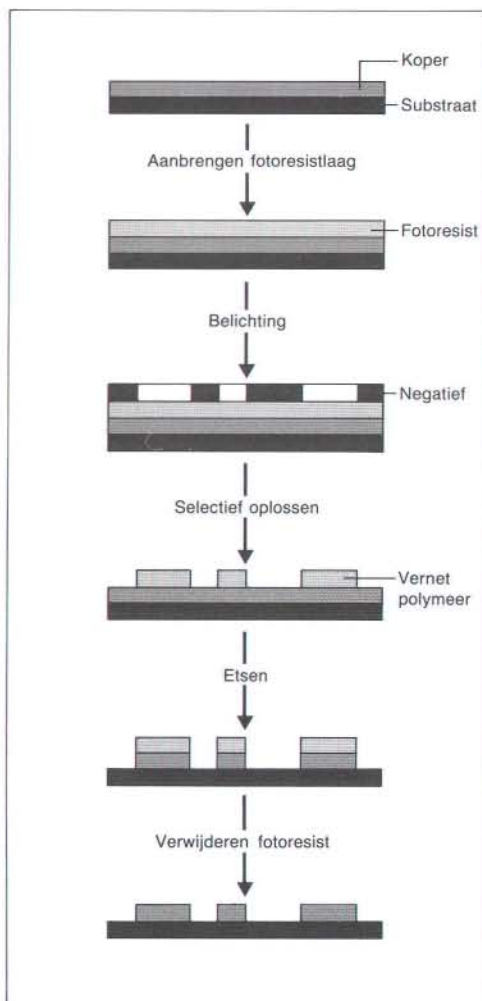
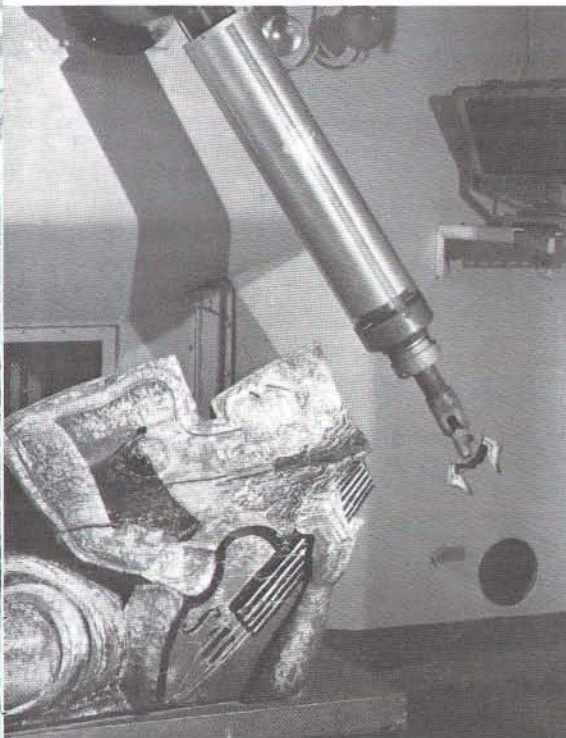


Fotoresists

Met de term 'fotoresists' wordt een familie van polymeren aangeduid die de eigenschap vertonen te reageren onder invloed van bestraling met licht of een hoge-energiestraling, waardoor hun oplosbaarheid in bepaalde oplosmiddelen verandert. Het meest toegepaste principe is dat wel oplosbare lineaire onvertakte polymeren door bestraling vernetten tot driedimensionale polymeren, die altijd onoplosbaar zijn.

Indien een zwart-wit beeld op een dunne film van een dergelijke foto-vernetbaar polymeer geprojecteerd wordt, dan zullen de belichte delen onoplosbaar worden terwijl de niet-belichte delen oplosbaar blijven. Door be-

Onder: Kunstvoorwerpen die dreigen te verkuimelen of door houtworm aangevreten zijn, kunnen geïmpregneerd worden met een geschikt monomeer. Dan vindt een polymerisatie *in situ* plaats, door verwarming of (zoals hier) bestraling met gammastralen. Het polymeer mag niet krimpen t.o.v. het monomeer.



Boven: Fig. 5. Bij gedrukte schakelingen wordt op een drager van bijv. glasvezelversterkt epoxyhars een koperlaag aangebracht, met daaroverheen de fotoresist. Het negatief van de schakeling wordt erop belicht. Het belichte deel vernet en biedt daardoor weerstand aan het oplosmiddel en het etsmiddel, die resp. het onvernet polymeer en het blootliggende koper weghalen. Uiteindelijk wordt ook het vernet polymeer weggehaald.

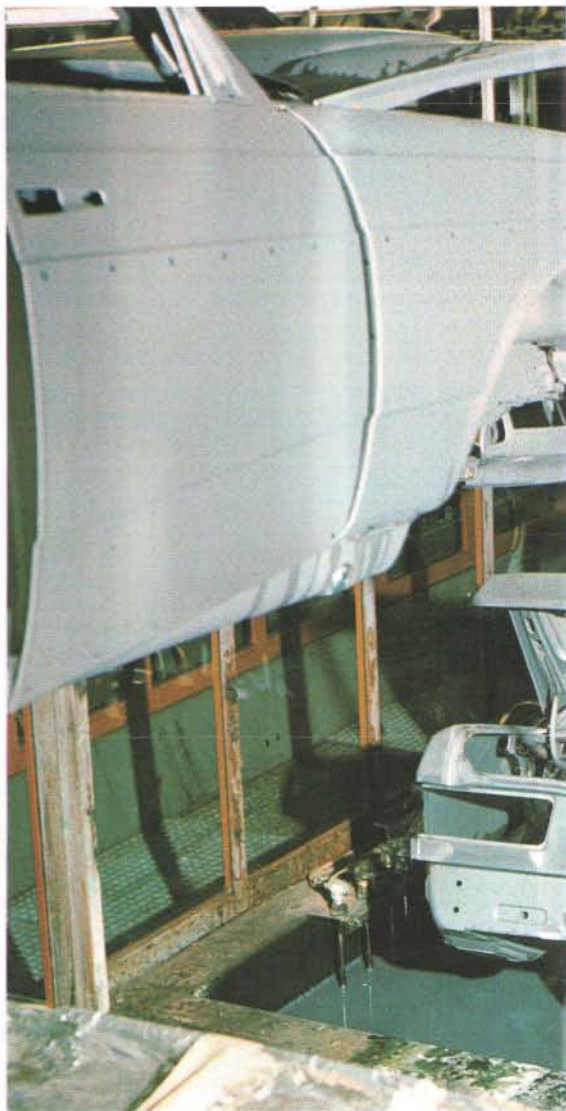
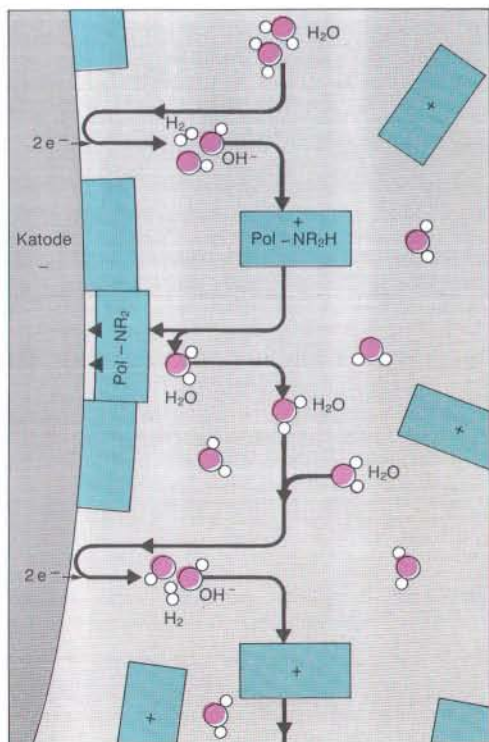
handelen met een oplosmiddel worden de onbelichte delen van de film weggewassen en blijven alleen de belichte delen achter. Dit wordt toegepast voor de fabricage van drukplaten, waarbij dan een negatief van de te drukken tekst en/of afbeelding op een metalen plaat, bedekt met een laag foto-vernetbaar polymeer, geprojecteerd wordt.

Hetzelfde principe wordt ook toegepast voor het vervaardigen van elektrische schakelingen en, in miniatuur, wordt het gebruikt voor de fabricage van de 'chips', de basis van de computerindustrie. Hier wordt het onbelichte polymeer weggewassen waardoor bepaalde delen van de plaat geëtsd kunnen worden. De belichte plaatsen met het verniet polymeer worden tegen het etsmiddel beschermd en na verwijderen van dat polymeer blijft een schakeling op de onderlaag over.

Verven en vernissen

Een verf bestaat in principe uit twee bestanddelen: een pigment (meestal anorganisch) en een bindmiddel. Vroeger werden natuurlijke bindmiddelen gebruikt die uit natuurlijke oliën bestonden die onder invloed van de luchtzuurstof verhardten. Voor de moderne verven en vernissen worden nu praktisch uitsluitend synthetische polymeren gebruikt, zoals bijv. copolymeren van acrylesters, methacrylesters

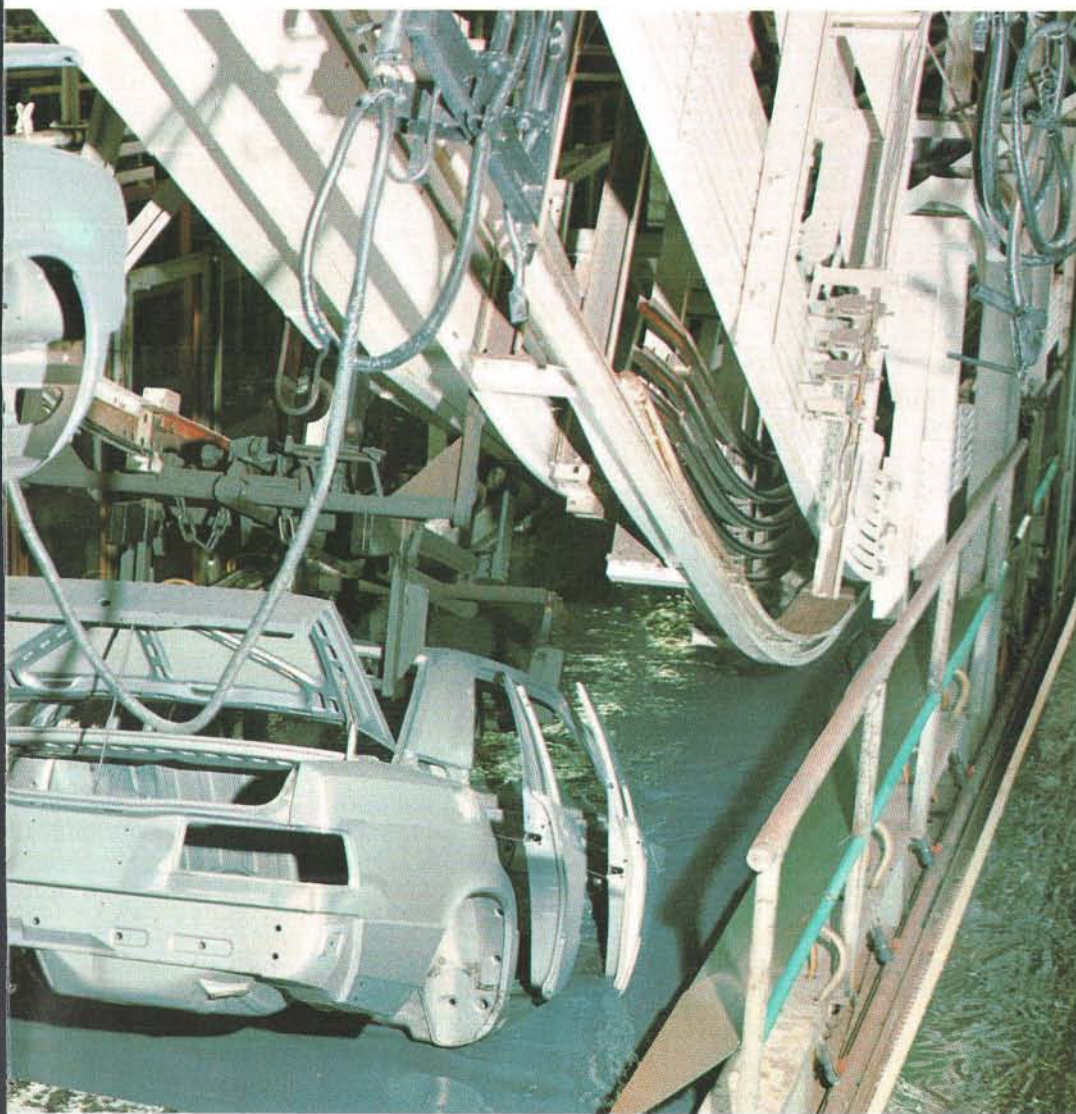
Rechts en onder: Fig. 6. Met katalyse brengt men in 3 minuten een grondlaag aan op een autocarrosserie, die beter bestand is tegen corrosie dan bij het vroegere anodische systeem. Het koetswerk wordt negatief geladen en in een bad gedompeld waar polymere verfdeltes in opgelost zijn. Deze dragen een positief geladen groep, zoals een tertiaire ammoniumgroep. Aan het koetswerk vindt elektrolyse van water plaats, waarbij waterstofgas en hydroxylionen (OH^-) ontstaan. Deze ionen halen het proton af van het verfdelkje, dat daardoor zijn lading verliest, niet langer oplosbaar is in water en op de carrosserie neerslaat. Het voordeel van deze techniek is dat ook in de kleinste hoekjes en plooitjes, waar de klassieke verfspuit nooit bij kan, een goede verflaag afgezet wordt.



en styreen. Door de geschikte keuze van de polymeerstructuur is het mogelijk de fysische eigenschappen optimaal aan te passen aan de uiteindelijke doelstellingen.

Zo kan voor het bedekken van metalen oppervlakken een elektroforetische verfmethode gebruikt worden. Hiervoor worden polymeren gebruikt die ofwel anionen (–) dragen (*anaforeze*) ofwel kationen (+) (*kataforeze*). Het te verven oppervlak (bijv. een autokoetswerk) wordt in het water-verfbad ondergedompeld

en wordt positief (respectievelijk negatief) opgeladen waardoor de polymeermoleculen naar het oppervlak getrokken worden. Tegelijk vindt op het geladen koetswerk elektrolyse van water plaats. De daarbij gevormde ionen reageren weer met het polymeer, dat daarbij niet meer oplosbaar wordt. De polymeermoleculen coaguleren uit de waterige fase en scheiden zich af op de elektrode als een verffilm. Aldus gebeurt de bedekking tot in de kleinste hoeken van het metaaloppervlak (zie fig. 6).



Voor het verven van zeeschepen werden zgn. 'anti-fouling' verven ontwikkeld. Deze worden vervaardigd met copolymeren welke een zeker percentage tinzout in de macromolecule bevatten. Deze tinzouten beletten de groei van algen en schelpdieren. Dit houdt de wrijvingsweerstand van het schip zo laag mogelijk, wat een niet te verwaarlozen brandstofbesparing geeft. Door het feit dat deze tinzouten in de polymeermoleculen zelf zijn ingebouwd, blijven ze een lange tijd hun activiteit bewaren.

Lijmen

Lijmen (adhesieven) zijn stoffen die in staat zijn twee voorwerpen aan elkaar te hechten. Om dit te doen moet het adhesief zich eerst in een vloeibare toestand bevinden zodat de te kleven oppervlakken er gelijkmatig kunnen mee bedekt worden. Daarna moet de lijm vast worden voor een goede hechting.

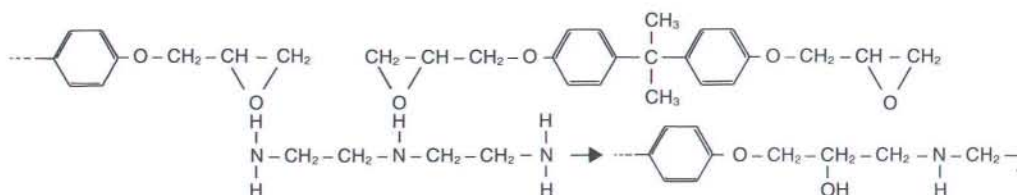
Bij de klassieke kleefstoffen wordt dit verkregen door de stof die uiteindelijk de adhesie zal teweeg brengen, op te lossen in een oplosmiddel dat min of meer langzaam verdampft en daardoor de vaste stof tussen twee oppervlakken achterlaat. Dergelijke lijmen bestaan uit polymeren die synthetisch, half synthetisch of natuurlijk kunnen zijn. Als oplosmiddelen kunnen organische solventen of water gebruikt worden naargelang de aard van de lijm.

De laatste jaren zijn er echter lijmen op de markt gekomen waarvan de werking op een ander principe steunt: tussen de te kleven oppervlakken wordt een vloeibaar monomeer gebracht dat dan in situ polymeriseert tot een

vaste stof die de hechting veroorzaakt. De bekendste zijn de epoxy-lijmen en de cyanoacrylaten.

Bij *epoxy-lijmen* worden twee vloeibare monomeren juist vóór het kleefproces met elkaar gemengd. Na samenbrengen van de te lijmen oppervlakken gebeurt een polymerisatie tot een tridimensionaal netwerk dat onsmeltbaar en onoplosbaar is in welk oplosmiddel dan ook en dat bovendien nog een goede thermische bestendigheid bezit. De ene component bestaat uit een stof welke twee epoxidegroepen bevat; vandaar de naam 'epoxy-hars' (zie fig. 7). De tweede component bevat een stof die met epoxidegroepen reageert zoals bijv. een polyamine. Bij het samenvoegen van de twee componenten begint zich een polymeer te vormen. Het belang van deze reactie is dat ze zich bij gewone temperatuur in een relatief korte tijd voltrekt.

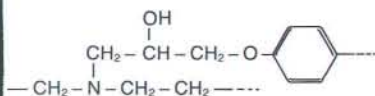
Bij de *cyanoacrylaten* is het principe nog eenvoudiger: hier wordt een vloeibaar monomeer gebruikt dat onder invloed van sporen water zeer snel tot een polymeer omgezet wordt. Deze cyanoacrylaat-monomeren moeten vanzelfsprekend in watervrije verpakking afgeleverd worden. Aangezien in de lucht steeds water aanwezig is (althans in onze streken) gebeurt de polymerisatie zodra het vloeibare monomeer in contact gebracht wordt met een oppervlak dat aan de lucht heeft bloot gestaan. Het verbazende van deze kleefstoffen is dat de overgang van vloeibaar monomeer naar vast polymeer bij gewone temperatuur in minder dan 20 seconden plaats vindt. Door het feit dat polycyanoacrylaten biodegradeerbaar





Boven: Cyanoacrylaatlijmen lenen zich makkelijk voor spectaculaire toepassingen. Hier heeft de hoofdredacteur van een bekend Nederlands tijdschrift zich met een paar druppeltjes aan een formicaplaat laten hangen (aan het plafond kan niet, dan komt de verflaag mee).

Onder: Fig. 7. Bij een twee-componentenlijm mengt men twee stoffen die dan ter plaatse polymeriseren. De epoxydriering is onstabiel door de verwringing van de normale bindingshoeken. Onder invloed van het aminoprotone breekt hij gemakkelijk open om zich met de ene kant aan het amine te hechten en aan de andere kant een alcoholfunctie te creëren. Dit gebeurt op verschillende plaatsen van de (polyfunctionele) molecules tegelijk, zodat één vernette structuur ontstaat.



zijn heeft men ze ook al gebruikt om wonden te dichten. Ook hier dus een polymerisatie van vloeibaar monomeer tot vast polymeer in de spierweefsels van de patiënt!

Besluit

De toepassingen van synthetische macromoleculaire stoffen zijn duidelijk op te splitsen in twee categorieën. Er zijn de 'bulkprodukten' die goedkoop zijn, in grote volumes gefabriceerd worden en gebruikt worden voor het in serie vervaardigen van allerlei gebruiksvoorwerpen. Dit zijn de gewone kunststoffen, synthetische rubbers, synthetische vezels, vernissen en verven, enz. De ontwikkeling van deze chemie en technologie gebeurde voornamelijk tussen de jaren 1930 en 1960 en het is weinig waarschijnlijk dat in de toekomst spectaculaire nieuwe produkten op de markt zullen verschijnen. De tweede categorie zijn de *specialiteitspolymeren*. Dit zijn in het algemeen dure produkten die in relatief kleine hoeveelheden gefabriceerd worden. De ontwikkeling van dergelijke stoffen is nu nog volop aan de gang in industriële en academische onderzoekscentra. Alhoewel deze stoffen als zodanig meestal onopgemerkt blijven, is hun beschikbaarheid heel dikwijls een belangrijke of zelfs onmisbare schakel in de ontwikkeling van nieuwe technologieën die ons dagelijks leven beïnvloeden. De voorbeelden die in dit artikel vermeld werden zijn slechts een kleine greep uit een brede waaier van toepassingen die ongetwijfeld in de komende jaren nog een grote uitbreiding zullen kennen.

Bronvermelding illustraties

Rütgerswerke AG, Frankfurt am Main: pag. 448-449.
Curver, Rijen: pag. 450, 451, 452, 453 onder.
DSM, Heerlen: pag. 452-453, 453 boven.
Burson-Marsteller International, Genève: pag. 455 boven.
Du Pont de Nemours (Nederland) B.V., Dordrecht: pag. 455 onder.
University of Utah Medical Center, Salt Lake City, USA: pag. 456.
Medtronic B.V., Kerkrade-West: pag. 457.
Sjöhistoriska Museet, Stockholm: pag. 458.
Mercedes-Benz Nederland B.V., Utrecht: pag. 460-461.
Kreglinger-Loctite, Antwerpen: pag. 463.

ACTUEEL

Nieuws uit wetenschap, technologie en samenleving
natuur en techniek

Explosies op de zon

In februari 1980 lanceerde de Nasa een grote, 4000 kg wegende satelliet voor onderzoek van de zon: 'Solar Maximum Mission'. Dit ruimte-observatorium was voornamelijk ontworpen voor het onderzoek van zonnevlammen: dit zijn kortstondige processen op de zon waarbij een immense hoeveelheid energie uitgestraald wordt, zowel in de vorm van energierijke straling, zoals röntgenstraling, als in de vorm van wolken energierijke deeltjes die de zon met zeer grote snelheden verlaten. Zonnevlammen ontstaan in actieve gebieden, duren minder dan een uur en soms maar enkele seconden.

Een van de belangrijkste instrumenten aan boord van de Solar Maximum Mission is een telescoop die iedere 1½ seconde een serie van zes afbeeldingen van een zonnevlam kan maken in röntgenstraling; deze straling heeft een grote energie en wordt gewoonlijk alleen uitgezonden door gassen met temperaturen van tientallen miljoenen graden. Deze telescoop, met de codenaam HXIS, werd ontworpen en grotendeels gebouwd door medewerkers van het Laboratorium voor Ruimteonderzoek te Utrecht. Bestudering van het omvangrijke waarnemingsmateriaal dat door HXIS is verzameld heeft een tot dusver onbekend verschijnsel aan het licht gebracht: explosies van het zonsoppervlak na beschieting ervan door zeer snelle atomaire deeltjes. Ter toelichting vooraf een woord over zonnevlammen.

De gegevens, onder meer verzameld door de Solar Maximum Mission, hebben de veronderstelling bevestigd dat zonnevlammen blijken te ontstaan in grote, tienduizenden kilometers lange bogen die zich boven het zonsoppervlak verheffen en waardoor sterke elektrische stromen lopen. Bij een verstoring van die stroombogen - men zou die verstoringen 'kosmische kortsluitingen' kunnen noemen - worden elektrische velden van honderdduizenden tot miljoenen volt gevormd.

Elektrisch geladen deeltjes, vooral de elektronen van het zonnegas, krijgen in dat veld grote snelheden.

Wanneer deeltjesbundels met die snelheden het zonsoppervlak treffen, wordt het zonsoppervlak

plaatselijk verhit, en wel tot temperaturen van 20 tot 30 miljoen graden: soms worden wel eens waarden boven de honderd miljoen graden bereikt.

Het is nu gebleken dat dit aldus verhitte gas onmiddellijk daarna vrijwel explosief zal uitzetten. In één geval, in een zonnevlam die op 12 november 1980 te 2.50 h optrad, was de snelheid van de explosie ca. 50 km per seconde, maar in een vlam die een halve dag eerder in het zelfde gebied optrad (11 november 1980, 17.25 h) explodeerde het zonsoppervlak met een snelheid van 1800 kilometer per seconde. Na een dertigtal seconden was de explosiesnelheid afgenomen tot 500 km per seconde.

(Persbericht Kon. Ned. Acad. van Wetenschappen)

Een fakkelgebied met zonnevlekken noemt men een actief gebied, waarin explosieve verschijnselen zoals zonnevlammen kunnen optreden.
(Foto: Sacramento Peak Observatory, USA).



Reluctantie-motor

Rond 1830 hield Faraday zich bezig met een onderzoek naar de magnetische weerstand van materialen. Hij stelde het reluctantiebeginsel op, dat zegt, dat een materiaal in een magnetisch veld altijd die stand inneemt, waarbij de magnetische weerstand het kleinst is.

Het toepassen van dit beginsel leidde in 1896 tot de constructie van de reluctantie-motor. Hoewel deze motor vandaag niet steeds in de gedachten van technici opkomt, begonnen in 1967 professor P.J. Lawrenson en dr. Michael Stephenson van de universiteit van Leeds het principe opnieuw te bestuderen. Aan de universiteit van Nottingham waren op het zelfde moment de heren Rex Davis en W. F. Ray bezig met een onderzoek naar het rendement van regelaandrijvingen. Beide groepen kwamen tot de conclusie, dat de reluctantie-motor een (voor motoren in een regelcircuit) hoog rendement zal hebben, als hij op de juiste wijze wordt bekrachtigd. In 1975 gingen de groepen samenwerken. Deze samenwerking leidde tot laboratoriummodellen van de motor en de regelektronica, geschikt voor een testprogramma. Eerst na enkele jaren was men zo ver gevorderd, dat contact werd gezocht met TASC Drives Ltd. Het uiteindelijk resultaat was de Oulton aandrijving, die bestaat uit een motor en een regelapparaat.

De Oulton motor bestaat uit: een stator, die is opgebouwd uit elektromagneten; een poolrotor (niet gewikkeld), waarvan het aantal poolparen kleiner is dan het aantal elektromagneten in de stator; optische opnemers. De werking berust op het reluctantiebeginsel, dat zegt, dat een poolpaar van de poolrotor die stand wil innemen,

waarbij de magnetische weerstand het kleinst is.

De poolrotor zal roteren als steeds: een andere magneet wordt bekrachtigd; de polen van de achtereenvolgens bekrachtigde magneten oefenen een kracht uit op de poolparen van de rotor, die groot genoeg is om het koppel dat het lastwerktuig vraagt, te overwinnen. Het rendement van de motor is zo hoog mogelijk als: steeds die magneet wordt bekrachtigd, die de meest gunstige stand ten opzichte van een poolpaar van de rotor inneemt; het tijdstip van bekrachtiging zo wordt gekozen, dat de benodigde kracht bij een zo laag mogelijke stroomsterkte in de magneetwikkeling wordt geleverd.

De juiste magneet en het meest geschikte tijdstip van bekrachtiging wordt door het regelapparaat gekozen op basis van het standsignaal. Het standsignaal wordt afgegeven door een optische opnemer (ongeveer) op het tijdstip dat een poolpaar van de rotor de eerder genoemde gunstigste stand ten opzichte van een

elektromagneet bereikt (de optische opnemer werkt daartoe samen met een vertande schijf, die op de motoras is gemonteerd). Op het moment, dat het standsignaal binnenkomt, wordt in het vermogensorgaan van het regelapparaat de bij de opnemer behorende thyristor ontstoken en een gelijkstroom doorgegeven aan de bijbehorende magneet.

De Oulton aandrijving wordt door de (Engelse) constructeurs een 'Switched Reluctance Drive' genoemd (de bekrachtigingsstroom switcht immers van magneet naar magneet). Technisch voldoet de motor aan hogere eisen dan die, welke tot nu toe aan motoren in een regelcircuit werden gesteld. Een goed georganiseerde samenwerking tussen wetenschap en industrie leidt aldus tot apparatuur, die en minder energie vraagt en op grote schaal kan worden toegepast.

*(Persbericht Vector
Aandrijftechniek B.V.,
Rotterdam)*

Gevoelige kwikdetector

TNO-onderzoekers hebben een zeer gevoelige bepalingmethode voor kwik ontwikkeld. Met de apparatuur is het mogelijk de aanwezigheid van kwik te detecteren in een hoeveelheid die ongeveer honderd maal zo klein is dan tot nog toe mogelijk was. Dit was noodzakelijk op grond van de hoge eisen die de rijksoverheid stelt met betrekking tot het kunnen bepalen van minimale hoeveelheden kwik in water.

Hieraan kon met de bestaande apparatuur niet worden voldaan. In grote lijnen komt de methode erop neer, dat met behulp van een gasstroom (stikstof of argon) het

aanwezige kwik uit de oplossing wordt geblazen en vervolgens neerslaat op een propje goudwol. Daarna wordt door verhitting het kwik van de goudwol gescheiden en doorgevoerd naar speciale automatische meetapparatuur.

Een aantal eerste proefnemingen met zeewater en zoet water zijn met succes afgesloten. De methode is zonder meer geschikt voor de bepaling van kwik in andere vloeibare, maar ook vaste of gasvormige monsters. Gedacht kan worden aan bloed, urine, haar, vissoorten als paling en garnalen enz. Het gehele meetproces, dat met een microcomputer wordt gestuurd, neemt ca. 5 minuten in beslag.

(Persbericht TNO)

Vogels gevlogen

Bijna de totale volwassen vogel-populatie van Christmas Eiland, midden in de Stille Oceaan, is spoorloos. Duizenden achtergelaten jonge vogels zijn van honger omgekomen. Het gaat in totaal om ongeveer 17 miljoen zeevogels van 18 verschillende soorten die om onbekende redenen het eiland verlaten hebben of op raadselachtige wijze zijn omgekomen.

Christmas Eiland is het grootste atol ter wereld. Het ligt net boven de evenaar en is vanwege zijn afgelegen positie veelvuldig voor kernproeven gebruikt. Het maakt deel uit van de republiek Kiribati. Volgens dr. R.W. Schreiber, ornitholoog van het Natural History Museum van Los Angeles, is dit de eerste waarneming van een dergelijke massale verdwijning van vogels van een tropisch atol. Toen hij in november vorig jaar het eiland bezocht, trof hij het al verlaten aan. Men weet niet precies wanneer de vogels vertrokken zijn.

Deze ramp voltrok zich tijdens een interactie tussen oceaan en atmosfeer die 'El Niño' wordt genoemd. Het is een grootschalige klimaatfluctuatie die nogal onregelmatig is. De gemiddelde periode van de oscillatie is 3 jaar, maar de tijd tussen het voorkomen van twee El Niño's kan ook 10 tot 12 jaar zijn. Het verschijnsel brengt veranderingen met zich mee in luchtcirculatie, zeestroming, zoutgehalte en watertemperatuur. El Niño heeft invloed op de ecologie van de kustgebieden in Ecuador en Peru en leidt zelfs tot strengere winters in Noord-Amerika. Soms is het verloop voorspelbaar, maar de huidige gebeurtenissen volgde een ander patroon.

Misschien kunnen oceanografische en meteorologische gegevens duidelijk maken wat er met de

vogelgemeenschap van Christmas Eiland is gebeurd. Dr. Schreiber wil gaan vaststellen of en wanneer de vogels zullen terugkeren en of ze met succes hun reproductieve cyclus weer oppakken.

Het gaat onder andere om 14 miljoen bonte sterns en 1,5 miljoen wigstaartpijlstormvogels. Deze soorten leven uitsluitend van vis en pijlinktvis, soorten die op hun

beurt afhankelijk zijn van de juiste oceanische omstandigheden. Misschien zijn die nu zo drastisch veranderd dat deze voedselbron uit het gebied verdwenen is, waardoor de vogels hun heil op andere plaatsen moesten zoeken.

(Persbericht National Science Foundation)

Schimmelende tabletten

Apothekers van een ziekenhuis in Canterbury ontdekten onlangs dat tabletten die op de ziekenhuisafdelingen in voorraad werden gehouden, van kleur waren veranderd en een vreemde geur hadden. Bij nader onderzoek bleken de tabletten verontreinigd te zijn met schimmels. Deze verontreiniging werd niet gevonden bij tabletten die direct uit de fabrieksverpakking waren genomen.

De tabletten in kwestie bevatten een kalmeermiddel en omdat daarvan nog wel eens misbruik wordt gemaakt, was het op de ziekenhuisafdelingen gewoonte regelmatig het aantal tabletten te tellen. Blijkbaar komen daarbij schimmels van de handen van het personeel in de tabletten terecht. Omdat tabletten hulpstoffen bevatten, waaronder in dit geval maïszetmeel en lactose, vinden de schimmels een goede voedingsbodem en kunnen ze zich goed vermenigvuldigen.

De ziekenhuisapothekers, die hun bevindingen in *The Pharmaceutical Journal* (Vol. 230, no. 6271, 12 maart 1983) hebben gepubliceerd, hopen dat fabrikanten geneesmiddelen die vaak ter hand worden genomen, per stuk zullen gaan verpakken. Een andere mogelijkheid is de tabletten te tellen zonder ze met de handen aan te



Tabletten direct uit de fabrieksverpakking (boven) en tabletten uit de afdelingsvoorraad (onder) op een voedingsbodem waarop schimmels goed groeien. De 'verse' tabletten bevatten geen schimmels, de oude wel.

raken. In de meeste apotheken zijn daarvoor speciale spatels, die zoals blijkt eigenlijk altijd gebruikt moeten worden.

A.K.S. Polderman

Vergissing

Rainer Knußmann, *De man, een vergissing der natuur*. Veen, Utrecht-Antwerpen, 1983, 120 pag.; ISBN 90 204 3347 4. Prijs f 12,50 of 230 F.

Volgens het bijbelverhaal stamt de vrouw uit een rib van de man. Knußmann (zelf een man) ziet dat andersom: de man is een loot van de vrouw en nog biologisch overtuigend ook. Om dit te staven moet hij zich wel in allerlei bochten wringen.

“Hier en daar is de taal wat speels en niet iedere zin is wetenschappelijk te noemen”, zegt hij zelf. Daar is geen bezwaar tegen als men zich tot een breed publiek wil wenden, integendeel. Erg is wel, dat zijn redeneerwijze niet bijster wetenschappelijk is. Dan populariseer je geen wetenschap meer, dat heet een populair verhaal een wetenschappelijk air geven.

De auteur gaat uit van een hele reeks wetenschappelijke feiten. Het is een boeiende verzameling die inderdaad geschikt is om de man wat nederigheid bij te brengen. De besluiten die Knußmann eruit trekt zijn echter wel eens overtrokken en soms is zijn redeneerstijl demagogisch in plaats van wetenschappelijk. Hoewel ik mij (als wetenschapper) diverse malen groen en blauw geërgerd heb aan het boek, ben ik (als man) toch steeds weer geboeid blijven verder lezen. Si non è vero, è ben trovato.

Een speciale vermelding verdient de vormgeving. In tegenstelling met wat we onderhand van pockets gewend zijn, is deze uitstekend (en met gevoel voor humor) geïllustreerd. Iets voor een wetenschapper in het weekend.

P. Van Dooren

Jaarringen in het haar

E. C. Hood van het Scientific Crime Detection Laboratory der universiteit van Chicago heeft jaarringen ontdekt in het menselijke haar, zoodat men — microscopisch — uit iemands haar diens leeftijd kan bepalen! Jaarringen in den eigenlijken zin des woords zijn het niet, want bij iemand van 20 jaar vindt men 6 ringen, op elken 0,1 mm (bij een veertiger het dubbele aantal). Een misdadiger kan er dus voortaan

„bij de haren bijgesleept” worden en de politie zal zich met haarkloverijen moeten gaan bezig houden, terwijl de inbreker zal kunnen getuigen, dat het „een haar had gescheeld” of men had zijn schuld bewezen. Kaalhoofdige misdadigers zullen verder in een bevoorrechte positie komen te verkeeren, doch de dames van zekeren leeftijd, die zich het haar verven, zullen daardoor niet langer hun leeftijd kunnen ‘verbloemen’!

(Natuur en Techniek, juni 1933)

Aluminium-oxyde

Deze zuurstofverbinding van het metaal aluminium bezit een buitengewoon sterk isolatie-vermogen voor electriciteit. Tot voor korten tijd werd het weinig in de praktijk gebruikt, omdat het niet bewerkt en gevormd kon worden. Deze moeilijkheden zijn thans overwonnen en het oxyde heeft thans onder den naam ‘sintekorund’ een vrij uitgebreide toepassing gevonden in de isolatietechniek, o.a. bij bougies. Bovendien onderscheidt het zich door zijn mechanische vastheid, hardheid en bestandheid tegen hooge temperaturen. Zelfs bij de temperatuur van den electrischen lichtboog wordt het niet aangetast, zoodat het ook als materiaal bij den bouw van electrische ovens wordt gebruikt.

Metalliek aluminium wordt bij hooge temperatuur bedekt met een dun laagje oxyde, hetwelk men daarna door middel van een electrischen stroom kan verdikken. Zoo kan men bijv. een aluminiumdraad van een dikke laag oxyde voorzien, zoodat zij de physische eigenschappen van het oxyde krijgt. Bovendien kan men

de afscheiding zóó reguleeren, dat het laagje buigbaar wordt, zoodat de draden dan kunnen worden gebruikt in gelijk- en wisselstroomspoelen. Deze wijze van electrisch oxydeeren van aluminium noemt men het Eloval-procédé.

(Natuur en Techniek, juni 1933)

Is minder slapen beter?

Th. Stöckmann, Duisburg, meent met verkorting van slaap bij jonge menschen verbazingwekkende resultaten te hebben bereikt. Uit het door hem gepubliceerde materiaal zij het volgende gelicht: bij vele jonge mannen bleek, dat 4½ uur slaap vóór middernacht een aanmerkelijke physische en psychische verbetering teweegbracht, waardoor dus het oude volksgezegde, dat slaap vóór middernacht dubbel telt, feitelijk werd bewaarheid. Laat men eens bij zich zelf proberen, of men tot de zelfde conclusie komt!

(Natuur en Techniek, juni 1933)

Binnenkort verschijnt

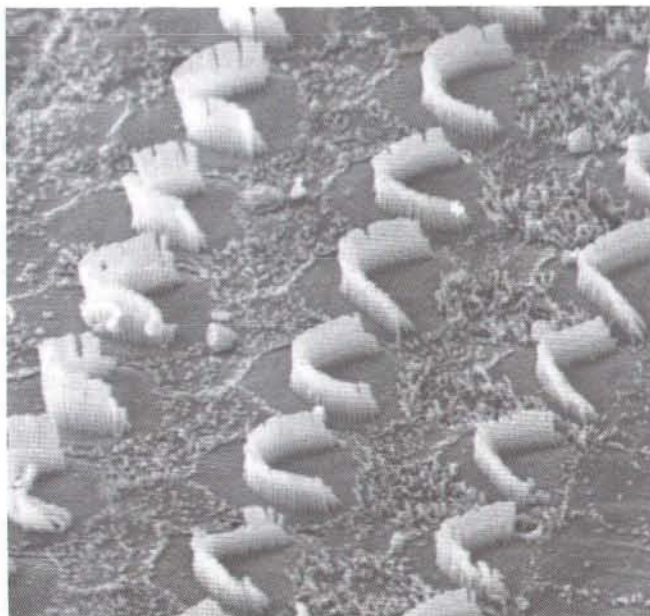
CELLEN, WEEFSELS

DOOR PROF. DR. RICHARD G. KESSEL en
DR. RANDY H. KARDON

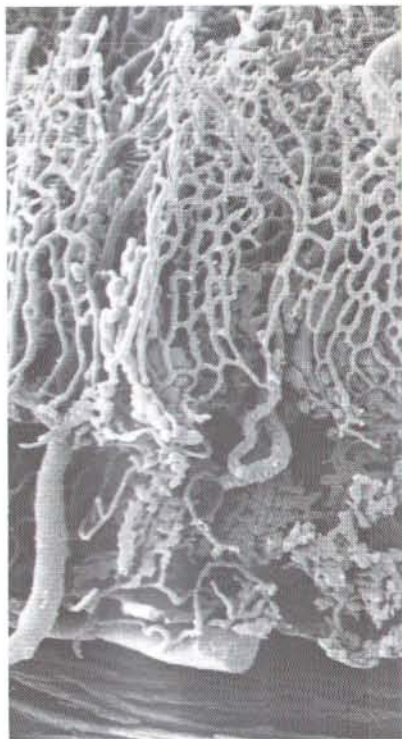
De microscopische bestudering van cellen, weefsels en organen geschiedde tot voor kort vrijwel uitsluitend aan coupe's die met een lichtmicroscop bekeken werden. Sedert enige jaren bestaat er een microscoop-type, dat ook de derde dimensie van deze biologische structuren voor onderzoek toegankelijk heeft gemaakt. De foto's die men met zo'n scanning-elektronen-microscop kan maken, geven

vaak een bijzonder fraai en plastisch beeld van de vorm van cellen en weefsels. Prof. Kessel en dr. Kardon van de Universiteit van Iowa in de Verenigde Staten hebben een imposante studie-atlas met ruim 700 van deze opnamen samengesteld. De Nederlandse bewerking daarvan, verzorgd door prof. dr. A. M. Stadhouders van de Katholieke Universiteit Nijmegen, zal binnenkort als jubileumuitgave verschijnen.

Onder: Een onderdeel van het oor is het orgaan van Corti, waarin zich de haarcellen bevinden. Ze staan in drie rijen in V-vorm gegroepeerd en dienen om geluid met verschillende frequentie waar te nemen en door te geven (x 2915).



Rechts: Afgietsel van de bloedvoorziening van het jejunum, een gedeelte van de dunne darm. Elke afzonderlijke darmvlok wordt door een uitgebreid netwerk van venen en arteriën van bloed voorzien (x 180).



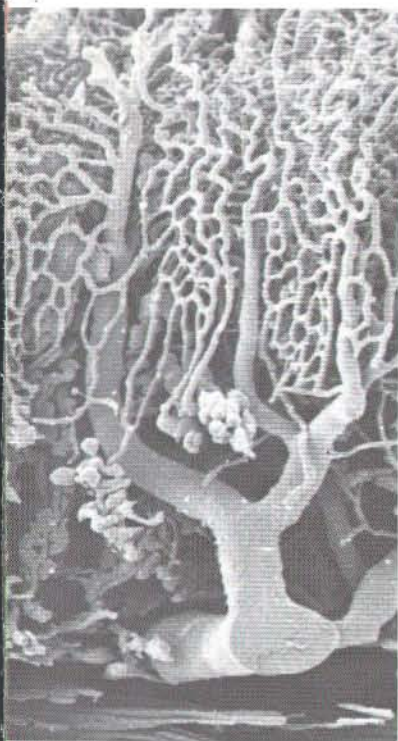
De auteurs hebben uitgebreid gebruik gemaakt van scanning-elektronenmicroscopische opnamen - in vele gevallen afgebeeld te zamen met licht-microscopische en transmissie-elektronen-microscopische foto's. Hierdoor waren zij in staat aan de lezers de elementaire weefseltypen die de organen van het lichaam vormen, de revue te laten passeren. Elk hoofdstuk bevat een inleiding

EN ORGANEN

Een nieuw
boek van

50
JAAR

**natuur
en
techniek**



CELLEN, WEEFSELS EN ORGANEN is esthetisch zo boeiend dat het een brede kring van lezers zal interesseren. Het is met name waardevol als studieboek voor biologen, fysiologen, zoölogen en anatomen maar ook voor studenten in medicijnen,

Onder: Vanuit het oogenseptheel worden voortdurend nieuwe cellen aan de schors van de lens toegevoegd. Een dwarsdoorsnede door de lensvezels toont de afgeplatte zeskantige vorm van deze cellen en hun opmerkelijk nauwkeurige en regelmatige rangschikking (x 810).



waarin de algemene concepten die zullen worden behandeld, staan beschreven. Aan de hand van de illustraties wordt vervolgens de functionele betekenis van de verschillende structuren getoond. Het boek bevat meer dan 700 microfoto's en schema's, waarin vele weefsels met opklimmende vergrotingen te zien zijn, zodat de lezer altijd de juiste oriëntatie behoudt.

tandheelkunde en farmacie. Door de grote hoeveelheid zeer illustratieve foto's kan dit boek voor leraren biologie sterk aanbevolen worden. Als naslagwerk is het geschikt voor zowel persoonlijke als publieke bibliotheken.

INHOUD

320 pagina's
met ruim 700 illustraties

FORMAAT

27,5 x 24,0 cm

OPLAGE

Voor Nederland en België:
10 000 exemplaren

PRIJS

f 94,50 of 1825 F

**Voor abonnees op Natuur en
Techniek en studenten:**

f 65,- of 1250 F

ISBN 90 70157 314

Een uitgave van

**natuur
en
techniek**

Op de Thermen —
Stokstraat 24
6211 GD MAASTRICHT

Tweehonderd jaar luchtvaart

De afdeling Lucht- en Ruimtevaart van het Koninklijk Museum van het Leger te Brussel organiseert tot 18 september een speciale tentoonstelling. Het is namelijk precies tweehonderd jaar geleden dat de eerste mens de lucht in ging en, in tegenstelling met Icarus, deze overmoedige daad niet met zijn leven moest bekopen. Deze vergeten held was de huis-

knecht van de gebroeders Montgolfier, de uitvinders van de warme-luchtballon. Het museum doorloopt in deze tentoonstelling twee eeuwen luchtvaartgeschiedenis. Er is onder andere een uitzonderlijke collectie te zien van enkele honderden speelgoedvliegtuigen, hiertoe afgestaan door een Franse verzamelaar. Tel.: 02-7342157.

Jagende mens

In het Rijksmuseum van Geologie en Mineralogie te Leiden is van 1 juli tot en met 21 augustus 1983 de tentoonstelling 'De mens als jager' te zien. Deze tentoonstelling, samengesteld door het Museum voor het Onderwijs te Den Haag en aangevuld met materiaal van het museum zelf, geeft een overzicht van de levenswijze van de prehistorische mens, die de jacht gebruikte om aan voedsel te komen. De expositie laat zien, wat belangrijk was in het bestaan van de prehistorische mens. Dat waren niet alleen werktuigen, gemaakt van vuursteen of botten, ook het vuur werd honderdduizenden jaren geleden al gebruikt, zowel voor het bereiden van voedsel als voor het harden van werktuigen (houten speerpunten).

Veel dieren, waarop de mens ooit jacht maakte, zijn van de aardbodem verdwenen. Grottekeningen laten ons afbeeldingen van deze dieren zien, die we ook kennen uit de botten en geweiën, die wel bewaard gebleven zijn.

Het museum (Hooglandse Kerkgracht 17) is geopend op maandag t/m vrijdag van 10-17 uur; op zondag van 14 tot 17 uur. Toegang gratis. Tel. 071-124741.

Sterrenkijken bekeken

Het Universiteitsmuseum Groningen toont t/m 2 september 1983 de tentoonstelling 'Sterrenkijken bekeken'. De expositie werd samengesteld in het kader van het symposium 'The Milky Way Galaxy', dat werd georganiseerd door de Groninger sterrenkundigen onder auspiciën van de International Astronomical Union.

De tentoonstelling laat de ontwikkeling van de sterrenkunde aan de Groningse universiteit zien, waarbij het accent ligt op het wetenschappelijk werk van de beroemde Nederlandse astronoom J.C. Kapteyn (1851-1922). Dit gebeurt aan de hand van astronomische instrumenten, boeken, portretten, foto's en archiefstukken.

Er is ook een fototentoonstelling te bezichtigen, samengesteld door medewerkers van het Kapteyn Laboratorium in Groningen, die een beeld geeft van het onderzoek naar de aard van melkwegstelsels, zoals dat op dit moment vanuit Groningen plaatsvindt.

Het museum (Academiegebouw Broerstraat 5) is open van maandag t/m vrijdag van 9.00-16.00 uur. De toegang is gratis. Tel. 050-114081.

Lijnen en golven

Tot en met 12 november zal het Technisch Tentoonstellingscentrum TTC een fototentoonstelling getiteld 'Lijnen en golven' brengen over de twee grote Engelse geleerden Faraday en Maxwell zonder wie de elektrotechniek zich in de vorige eeuw niet zo stormachtig had kunnen ontwikkelen.

In 1832 ontdekte Faraday het principe van de elektromagnetische inductie, d.w.z. het opwekken van elektriciteit met behulp van magneetvelden. In datzelfde jaar werd in Schotland James Clerk Maxwell geboren, wiens briljante mathematische interpretatie van de ideeën van Faraday de grondslag zou vormen van onze moderne begrippen over elektriciteit, magnetisme en licht. Dank zij vooral Faraday en Maxwell beschikken wij thans over hulpmiddelen en apparatuur voor een enorme reeks van elektrische technieken, zoals radio, microgolven, radar, optische communicatietechnieken, lasers, vermogensopwekking, transmissie, enz. Het lijkt geen twijfel dat de toekomst nog meer wonderen in petto heeft, die voortkomen uit het werk van deze geleerden.

Op dit ogenblik is de tentoonstelling 'Ogen bedrogen' ook nog steeds opgesteld (tot en met 3 september). Deze expositie, die gebaseerd is op het verkeer waarneemen als gevolg van onvolkomenheden in het oog-hersensysteem, heeft al veel bezoekers getrokken. Het Technisch Tentoonstellingscentrum, Kanaalweg 4 te Delft, is dagelijks geopend van 10-17 uur, behalve op zon- en feestdagen. De toegang is gratis. Bij groepsbezoek aan de tentoonstellingen in het TTC wordt verzocht vóór af met het TTC contact op te nemen. Voor begeleiding kan gezorgd worden. Tel. 015-783038.

*Bezuinigen
op Kankerbestrijding
kan natuurlijk niet.*

*Stilstand is
achteruitgang. Dus:
geef alstublieft.*

Kankeronderzoek, patiëntenzorg en voorlichting moeten doorgaan. Dit jaar garandeert het Koningin Wilhelmina Fonds daarvoor 47 miljoen gulden. Dat kan alleen als u blijft geven. Als straks de collectant voor u staat of als u straks uw giroboek te voorschijn haalt, geef dan gul.



**Kankerbestrijding. Je kan
en mag er niet omheen.**

Koningin Wilhelmina Fonds voor de Kankerbestrijding.
Sophialaan 8, 1075 BR Amsterdam. Tel: 020-64 09 91.





Rijksuniversiteit Utrecht

Bij de vakgroep Farmacologie en Farmacotherapie van de Subfaculteit FARMACIE, is met ingang van 1 september a.s. voor de periode tot 1 maart 1984 plaats voor een

zoölogisch analist m/v (10/10)

Werkzaamheden: Voorbereiding van dierexperimentele werkzaamheden van uiteenlopende aard t.b.v. het practicum Farmacologie voor kandidaten in de Farmacie.

Vereist: Diploma HBO-A, zoölogische richting. Ervaring met bovengenoemde werkzaamheden strekt tot aanbeveling.

Dienstverband: Deze tijdelijke aanstelling vindt plaats volgens het A.R.A.R. (letter G). De R.U.U. kent een interne voorrangsregeling.

Honorering: Volgens het BBRA schaal 45 (min. f. 2038,- max. f. 2774,-)

Inlichtingen: Deze kunnen worden ingewonnen bij dr J. M. Koomen, tel.: 332316

Sollicitaties: Binnen een week na verschijnen van deze advertentie en te richten aan de personeelsfunktionaris van de subfaculteit Farmacie, de heer H. H. G. Noorhoff, Catharijnesingel 60, 3511 GH Utrecht, onder nr 147.038.